

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра технічної кібернетики

«На правах рукопису»  
УДК 004.42

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ І.Р. Пархомей  
(підпис)

“    ”    \_\_\_\_\_ 2019 р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології»

на тему: Автоматизований модуль розрахунку параметрів антропоморфних  
педіпуляторів промислового робота

Виконав: студент другого курсу, групи ІК-82мп  
(шифр групи)

\_\_\_\_\_ Ващайкін Кирило Сергійович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Науковий керівник доцент, к.т.н., доцент Поліщук М. М.  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Консультант \_\_\_\_\_  
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць  
інших авторів без відповідних  
посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2019 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра технічної кібернетики

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 126 «Інформаційні системи та технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

І.Р. Пархомей

(підпис)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію студенту**  
**Ващайкіну Кирилу Сергійовичу**  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Автоматизований модуль розрахунку параметрів антропоморфних педіпуляторів промислового робота»,  
науковий керівник дисертації доцент, к.т.н., доцент Поліщук М. М.,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «28» листопада 2019 р. № 3770-с

2. Термін подання студентом дисертації 18.11.2019

3. Об'єкт дослідження – процес розробки антропоморфних педіпуляторів промислового робота.

4. Предмет дослідження – ефективність процесу проектування антропоморфних педіпуляторів.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити – 1. Огляд та аналіз антропоморфних робіт. 2. Опис методики розрахунку параметрів антропоморфних педіпуляторів. 3. Розробка програмного забезпечення, за допомогою якого будуть здійснюватись обчислення параметрів антропоморфних педіпуляторів.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу – шість плакатів

7. Орієнтовний перелік публікацій – Ващайкін К.С. Антропоморфний мобільний крокуючий робот // Научный журнал «Интернаука» № 37(119) 2019

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
НК	Пасько В.П., доцент		
Перевірка на співпадіння	Лісовиченко О.І., доцент		

9. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Дослідження розвитку антропоморфних роботів	02.09-08.09	
2	Аналіз основних перешкод при розробці антропоморфних роботів	09.09-15.09	
3	Огляд сфер використання антропоморфних роботів	16.09-29.09	
4	Постановка мети	30.09-06.10	
5	Опис методики розрахунку параметрів антропоморфного педипулятора	07.10-13.10	
6	Розробка програмного забезпечення модуля	14.10-27.10	
7	Оформлення пояснювальної записки та додатків	28.10-22.11	
8	Перевірка на плагіат		
9	Висновки	.	

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис) Ващайкін К.С.  
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

\_\_\_\_\_  
(підпис) Поліщук М. М.  
(ініціали, прізвище)

## АНОТАЦІЯ

Розглянуто історію розвитку антропоморфних роботів. Виявлено основні перешкоди, які зустрічалися розробникам, проведений детальний аналіз цих проблем і пошук їх рішень. Також проаналізовано основні сфери, в яких використовуються роботи, розглянуті основні представники антропоморфних роботів.

В результаті виконання дипломної дисертації розроблений основний алгоритм на основі якого базується автоматизований програмний модуль. Також досліджено основні параметри на основі яких вираховуються кінцеві результати.

Спроековано автоматизований програмний модуль, який наділений простотою та чіткістю. Даний модуль володіє багатьма інструментами, за допомогою яких можна працювати з вхідними й вихідними даними.

Ключові слова: ДКР, педіпулятор, антропоморфний робот, C#, параметри, вхідні й вихідні дані.

Розмір пояснювальної записки – 88 аркуші, містить 48 ілюстрацій, 23 таблиці, 7 додатків.

## ABSTRACT

The history of anthropomorphic robots development was considered. The main obstacles encountered by the developers were identified, a detailed analysis of these problems and the search for their solutions. The main areas in which the works are used are analyzed, the main representatives of anthropomorphic robots are considered.

As a result of the thesis completion, a basic algorithm was created on the basis of which an automated software module is based. The basic parameters on which the final results are calculated were also investigated.

An automated software module has been designed with simplicity and clarity. This module is equipped with many tools that can be used to work with input and output.

Keywords: DCR, pedipulator, anthropomorphic robot, C #, parameters, input and output.

Size of the explanatory note – 88 sheets, contains 48 illustrations, 23 tables, 7 appendices.

# **ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

**до магістерської дисертації**

на тему: *Автоматизований модуль розрахунку параметрів антропоморфних  
педіпуляторів промислового робота*

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ .....	8
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ АНТРОПОМОРНИХ РОБОТІВ .....	11
1.1. Еволюція розвитку антропоморфних роботів.....	11
1.2. Основні перешкоди при розробці роботів.....	20
1.3. Сфери використання роботів .....	22
1.4. Різновидності роботів .....	31
Висновки до розділу .....	45
РОЗДІЛ 2. ВИБІР І РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ АНТРОПОМОРФНИХ ПЕДІПУЛЯТОРІВ .....	47
2.1. Перелік параметрів розрахунку антропоморфних педіпуляторів.....	47
2.2. Розгляд параметрів розрахунку .....	48
Висновки до розділу .....	50
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА АЛГОРИТМІЧНОГО ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОДУЛЯ .....	51
3.1. Загальні відомості .....	51
3.2. Опис інтерфейсу програми та його складових .....	54
Висновки до розділу .....	66
РОЗДІЛ 4. МАРКЕТИНГОВИЙ АНАЛІЗ СТАРТАП-ПРОЕКТУ .....	67
4.1. Опис ідеї проекту .....	67
4.2. Технологічний аудит ідеї проекту.....	69
4.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	70
4.4. Розроблення ринкової стратегії проекту .....	74
4.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	77
Висновки до розділу .....	79
ВИСНОВКИ.....	80
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	81
ДОДАТКИ.....	82

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ДКР – двоногий крокуючий робот;

ЄС – Європейський союз

ЕОМ – Електронна обчислювальна  
маші́на

МКС – міжнародна космічна станція



## ВСТУП

Антропоморфна робототехніка є особливою сферою біоміметичної робототехніки й це стосується не тільки наукових й інженерних дисциплін, а й також є глибоко зв'язаною з правовою, соціальною й етичною сферами. Ранні спроби значно зменшували зв'язані з цим проблеми; тим не більш, нові теорії та технології використовувалися в проектуванні нових антропоморфних роботів поряд з класичними роботами Autolama та Pamaruki[1].

Крім проблем зі створенням й проектування людиноподібного робота, необхідно надати потужні сенсомоторні можливості та посприяти створенню нових технік й методів, які можуть бути використані до більш багатозадачних службових роботів або в других інженерних областях. В пошуках антропоморфних роботів деякі високі досягнення містять в собі роботів й машин з двосхилим рухом, навичок навчання, нейроінспірованого керування, прогнозованих архітектур й багато інших біоінспірованих функцій, що сприяє роботам бути більш ефективними в реальних умовах.

Окрім цього, людиноподібні роботи можуть бути дослідницькою платформою для дослідження не тільки робототехніки, але й людей. Також це має відношення до нейронаук, де прототипи людського мозку можуть бути використані на антропоморфних роботах. Завдяки цьому надається можливість тестуванню й перевірці цих моделей й забезпеченню людиноподібних роботів сенсомоторними функціями, які схожі на людські. В Європі цей підхід використовується в ряді проектів, які фінансуються ЄС, до складу яких входять масштабний проект METROBOTIK в сферах нейронауки та робототехніки та проект RobotsCab, який привів до відкритої платформи iQus для вивчення розвитку пізнавальних можливостей [9].

Антропоморфні роботи являють собою одну із кінцевих цілей робототехніки: синтезація досягнення багатьох дисциплін. Дані роботи являються міждисциплінарними, що включає в себе вдосконалене пересування та керування, сприйняття, біомеханіка, штучний інтелект, навчання, машинне бачення та пізнавальний розвиток й вивчення поведінки. Для цього

спеціального випуску людиноподібної робототехніки ми одержали різноманітні документи в галузі біоміметичного дизайну, стабільності та автономного управління, адаптивного крокування по пересіченій місцевості, надійного контролю для уникнення падіння на землю, адаптивної поведінки.

На сьогоднішній день також активно розвиваються окремі компоненти антропоморфного робота. Одними із них являються педіпулятори. Їх значення й перспектива використання виходять за межі робототехніки.

Однак, з прикладної точки зору переміщення робототехнічної платформи крокуючим способом являє собою значний інженерно-научну зацікавленість, перш за все, в цілях пересування по пересіченій місцевості з перешкодами. В цьому плані даний рух наділений рядом переваг над традиційними колісно-гусеничними конструюваннями, наприклад, він більш економний й надає можливість різко збільшити загальну прохідність рухомої платформи. Але, при русі по гладкій або підготовленій поверхні він поступається по економічності, швидкості й простоті керуванню колісному транспорту.

В даній магістерській дисертації поставлено за мету автоматизувати процес розробки антропоморфних педіпуляторів промислового робота.

## РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ АНТРОПОМОРНИХ РОБОТІВ

### 1.1. Еволюція розвитку антропоморфних роботів

Перед тим, як появилися промислові роботи вважалося, що роботи повинні бути схожими на людей. Спочатку вживання слова «робот» належало до людиноподібних машин, які повинні були служити людині. Але з самого початку роботами почали іменувати всі автоматичні пристрої, які призначені для виконання виробничих та других операцій, зазвичай тих, які виконувалися людиною[8].

У 1927 році, через сім років після створення п'єси R.U.R., американською компанією Westinghouse Electric представлений робот Містер Герберт Телевокс, який приймав сигнали через телефон, котрі активували закладену в ньому програму. Зі слів творця, Телевокс міг увімкнути плиту або здійснити перевірку того, чи працює світло в будинку. В деякому понятті, робот Телевокс був не лише роботом, а й також складовою частиною «розумного» будинку. Антропоморфність в Телевокс була лише зайвою декорацією (рис. 1.1).

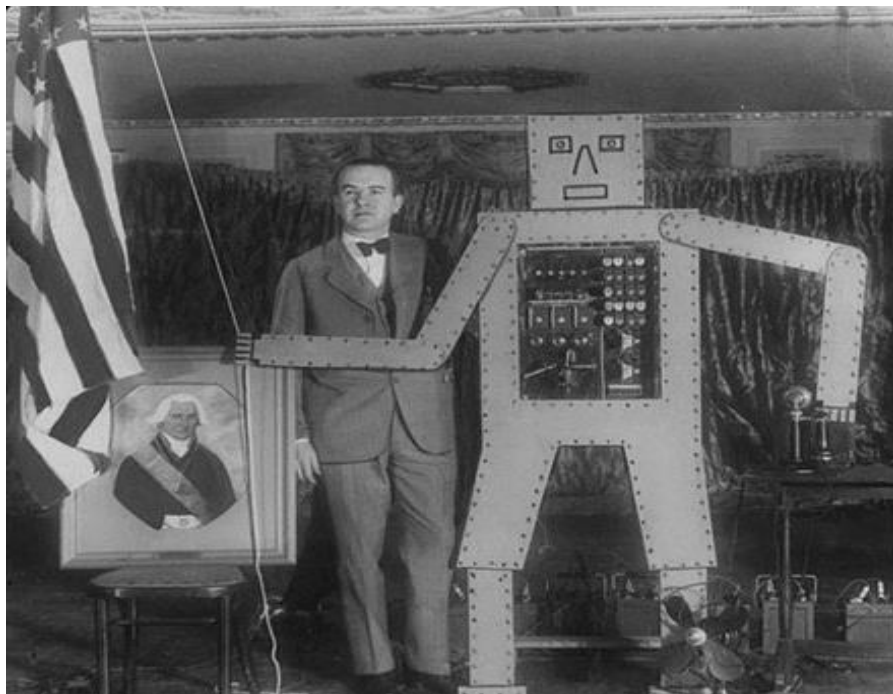


Рисунок 1.1. Творець Рой Уенслі з одним із своїх Телевокс

Через 10 років в США появився робот Elektro, який ростом з людини і міг виконати 26 різних дій, включаючи ходіння. Робот керувався за допомогою голосу, однак міг реагувати не на самі слова, а на їх кількість – два окремих почутих слова активізовували рух, три означали зупинку, а чотири будь-які сказані слова вертали Elektro в початкове положення. За допомогою окремого мотору в роті робот міг надувати повітряні кулі і ... курити.



Рисунок 1.2. Робот Elektro і його робопес Sparko

Після закінчення Другої світової війни почався інтенсивний розвиток роботів, що було зв'язано з появою атомної промисловості. Перший копіюючий маніпулятор (Master-slave Manipulators, MSM) Model-1, представлений Комісією з атомної енергетики США в 1949 р, призначений для забезпечення роботи персоналу з радіоактивними препаратами. В сучасному поданні до роботів (автономний пристрій, який виконує певну роботу в автоматичному режимі) належить апарат «Луноход-1», який створений розробниками в 1966 році під керівництвом Г.М. Бабакіна – головного конструктора Машинобудівного заводу ім. С.А. Лавочкина. Це перший в історії апарат, що працював на місячній поверхні [10].

Останнім часом розвиток робототехніки направлений не тільки на заміну людей на виробництві, а й на заміну їх у військовій сфері. Про це свідчать

факти, які інформують про досягнення провідних країн світу в створенні військових наземних, підводних роботів і безпілотних літальних апаратів. На даний час розпочалась ера розвитку людиноподібних двоногих крокуючих роботів (ДКР).

Антропоморфні ДКР необхідні для роботи в середовищі, яке пристосоване для людини (споруди і будівлі, котрі вироблялися під параметри людини; кабіни керування уже створених машин). Для того, щоб працювати з всіма видами існуючих пристроїв й інструментів, ДКР використовують органи керування, які пристосовані для людей. Нещодавні випадки на АЕС «Фукусіма» відоразили потребність у цих роботах для ліквідування наслідків техногенних катастроф. На даний час Керуванням перспективних дослідницьких проектів Пентагону (DAPRA) оголосили конкурс (DAPRA robotics challenge) на створення кращого проекта робота, який міг би замінити людей в потенційно небезпечних зонах, також при ліквідації наслідків стихійних лих й техногенних аварій. Також роботам необхідно вміти передвигатися по нерівній поверхні, уміти підніматись по сходам, використовувати звичайні й електричні інструменти, управляти транспортним засобом[4].

В 1996 р фірма HONDA (рис. 1.3) вперше представила світу антропоморфний ДКР. Цим антропоморфним ДКР являвся автономний робот моделі P2, який міг пересуватись в режимі динамічної ходьби, виконувати прості операції збірки, спускатись і підніматись по сходам. Але саме з робота моделі E0, який створений в 1986 р почалася історія розвитку ДКР фірми HONDA. Робот здатний передвигатися в режимі статичної ходьби, при цьому кожен його крок займав 5 с. Впродовж 1987 - 1991 рр. розробники проводили вивчення ходьби тварин й людей для того, щоб синтезувати ходьбу робота з високими швидкостями, а також сформувати кінематичну структуру його виконавчого механізму і розташування зчленувань, котрі забезпечують необхідну ходьбу робота.

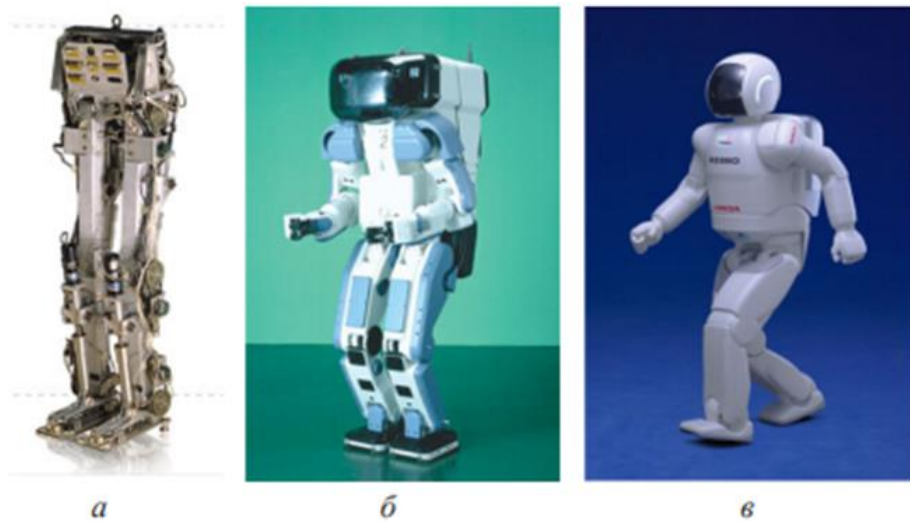


Рисунок 1.3. Роботи фірми HONDA моделей E0 (1986 р.) (а), P2 (1996 р.) (б) і серії ASIMO (2011 р.) (в)

В цей же період розробники створили роботів моделей E1 - E3, щоб провести експериментальні дослідження. Ці роботи могли передвигатися в режимі динамічної ходьби. Швидкість переміщення роботів збільшилась до 4 км / год. Модель E6 стала автономною. Розробники реалізували на цій моделі систему стабілізації через балансування корпусом і це дозволяло їм передвигатися по сходам і пересуватися через перешкоди. Швидкість переміщення була збільшена до 5 км / год. Впродовж 1992 р - 1997 р розробниками було впроваджено людиноподібні роботи моделей P1 - P3 з руками і корпусом. Роботи відпрацьовували ходьбу й роботу в автономному режимі, узгоджували рухи ніг й рук при ходьбі. В роботі моделі P3 (1996) через децентралізацію системи керування й використання нових матеріалів були знижені зростання (до 1,5 м) й маса (до 120 кг). З 2001 р виготовлялися роботи серії ASIMO, в котрих були удосконалена ходьба, керування руками й технічний зір[8].

Найзначніших досягнень в сфері конструювання крокуючих роботів з робастною системою керування добились розробники компанії BostonDynamic, яку очолював М. Райберт. Найбільш значні їх досягнення – це чотириногий робот BigDogs й двоногий Petsman. Керування ходьбою цих роботів лежить на принципах, які були відкриті й досліджені на одноногому роботі 3D\_horprir

(1984) (рис. 1.4, а). В 1984 році сконструйований чотириногий робот після того, як була визначена й узагальнена інформація про ходьбу собак й людей. Цей робот міг бігати риссю (рис. 1.4, б). З 1997 по 2001 р команда Дж. Прата («Лабораторія ніг» Массачусетського технологічного інституту) створила площинний двоногий робот «Упругий фламінго» (рис. 1.4, в). За допомогою керування по моментам в стопах цей робот міг переміщатись по заздалегідь невідомій йому опорної поверхні, яка мала спуски й підйоми. (рис 1.4)

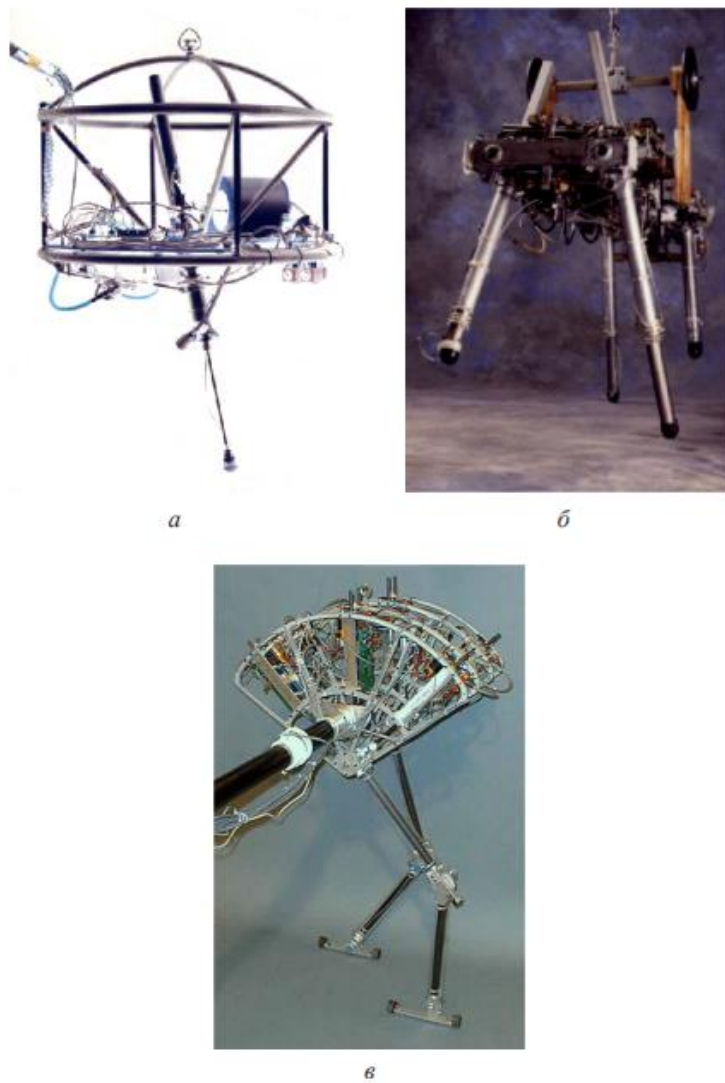


Рисунок 1.4. Одноногий стрибаючий робот (а), чотириногий робот, котрий біжить риссю (б), і двоногий робот «Упругий фламінго» (Spring Flamingo) (в)

Фірмою General Motors разом з фахівцями НАСА розроблено робота Robonut-2 (рис. 1.5, а), який міг замінити людину при виконанні робіт в космічному просторі[3].



Рисунок 1.5. Робот Robonat-2 компанії General Motors (а) і SR-401 НВО «Андроїдна техніка» (б)

Робот, конструкція якого нагадує фігуру людини, має п'ять пальців з суглобами на кожній руці, які мають вид людських пальців. Робот володіє такими здібностями як уміння писати, складувати і удержувати предмети, держати важкі речі, такі як гантеля масою 12 кг. На даний момент у робота відсутня нижня половина тіла. Шлем Robonat-2 містить три відеокамери, які допомагають роботу не лише орієнтуєтись в просторі, а й також використовуються роотом для передачі з них сигналів на монітори диспетчерів. Загальна кількість сенсорів і датчиків більше, ніж 350 штук. У робота є два ступені свободи на шиї, а на кожній із рук, які мають розмах в 210 см, – по п'ять ступенів свободи. Також у пристроїв наявні 10 ступенів свободи на кистях. Пальці робота можуть витримувати навантаження до 4 кг. Корпус робота містить обчислювальний центр, який складається з 29 процесорів PowerPK. Robonat-2 важить 120 кг, зріст 0.9 м. 24 лютого 2011 року науковці відправили Robonat-2 на Міжнародну космічну станцію (МКС) на борту космічного корабля «Діскавері» STK-121. Робот відправлений для того, щоб науковці могли перевірити його працездатність в умовах невагомості, вивчити вплив на його взаємодію з електромагнітним та космічним випромінюванням. Отже, на сьогоднішній день появилась реальна перспектива заміни роботом людини у всіх областей трудової діяльності. Тому є всі передумови для початку роботехнічної революції:



- ринок потребує масове застосування роботів у сферу життєдіяльності людини;
- необхідний рівень розвитку технологій для впровадження масового виробництва роботів роботами.

Ринок потребує дешеву робочу силу, а основна маса людей займаються одноманітною монотонною роботою. У Японії державні чиновники розглядають можливості заповнення роботами порожніх робочих місць. До 2025 р в Японії роботи зменшать загальну кількість вакансій на 2 млн на ринку праці[5]. Передбачається, що роботи будуть прибирати сміття, замінити вихователів в школах, виконувати роль медсестер в клініках, доглядатимуть за людьми похилого віку, прибирати в клініках, читати книжки дітям тощо. Для уряду Японії це є також вигідним в плані економіки. Так, Японія зможе збільшити бюджет на 19 млрд дол. в результаті заміни людей. Але для того, щоб реалізувати цей проект вартість роботів повинна бути зменшена в рази. Хоча для масового впровадження роботів в людське середовище і зменшення їх вартостей не потрібно використовувати великі ресурси, так як цьому сприяють багато факторів. А саме:

- постійне зростання рівня розвитку технологій виробництва;
- покращення електронних комплектуючих й зменшення розмірів;
- зростання обчислювальної потужності ЕОМ;
- покращення елементів споживання (скоро будуть серійно виготовлятися літієві акумулятори, ємність яких збільшиться в рази);
- наповнення виробництва робототехнічними конструкціями, які дозволяють масово виготовляти високотехнологічні продукції без повного впливу людини;
- створення нових алгоритмів керування групами роботів й самотніми роботами.

Для зростання рівня технологій виробництва необхідні успіхи в сфері конструюванні електродвигунів та електричних акумуляторів, які базуються на

властивостях високотемпературної надпровідності. Вчені університету Стенфорда створили новий анод - електрод за допомогою кремнієвих нанотрубок з подвійними стінками, які теоретично можуть підвищити ємність літій-іонних батарей в 8 разів, а термін роботи – в 5 разів. Ученими університету Вашингтона під начальством професора матеріалознавства і механіки Г. Стівенсона розроблено і запатентовано технологію, яка зможе подвоїти ємність літій-іонних батарей, підвищити термін їх роботи й акумуляувати їх в кілька разів швидше. За даними розробників, ця технологія повинна впродовж півроку вийти на ринок. Про досягнення в сферах оптимального керування й автономного енергоспоживання гідроприводами свідчить тот факт, що серійно виготовляється роботизований екзоскелет Berkley Bionics(ЕхоNike) (рис. 1.6) з гідроприводами[7]. Цей екзоскелет дозволить повністю розвантажувати людину, яка переносить речі масою до 50 кг. Також людина зможе передвигатися з вантажем на відстань аж до 60 км за допомогою системи енергоживлення від бортових акумуляторів. Маса екзоскелета – 12 кг.



Рисунок 1.6. Екзоскелет Berkley Bionics

На даний момент при сконструюванні антропоморфних роботів найбільш придатними по питомій енергоємності та швидкодії являються гідравлічні сервоприводи. Але перед тим як використовувати сервоприводи в автономних

роботів необхідно розглянути питання збільшення їх енергетичної ефективності. На рис. 1.7 продемонстрована залежність механічної потужності приводу стегового зчленування ДКР і гідравлічної потужності, яка споживається цим приводом при ходьбі ДКР по горизонтальній поверхні від часу. Через те, що привід використовує енергію від насосної станції, це призводить до відносно низького ККД гідроприводів ДКР, і як результат на певних фазах ходьби ДКР робота приводу є негативною. Із-за того, що робоча рідина дроселюється на крайках золотника і в першому каскаді гідравлічного посилення сервоприводу трапляються втрати енергії. Отже, досягнення виробництва крокуючих роботів може спричинити розвиток теорії керування гідравлічними сервоприводами не лише зі сторони оптимізації по швидкодії й точності, а й також за критерієм максимальної енергетичної ефективності, що враховує особливості роботи виконавчих механізмів крокуючих роботів.

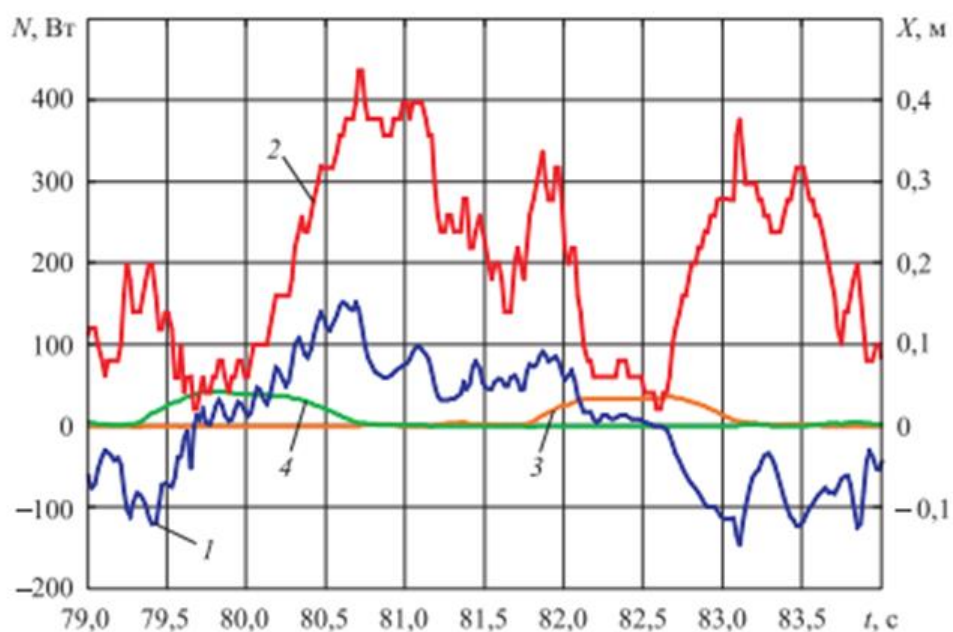


Рисунок 1.7. Залежності механічної потужності  $N_{mx}$  (1) приводу стегового зчленування ДКР і гідравлічної потужності споживаної цим приводом  $N_g$  (2) при ходьбі ДКР по горизонтальній поверхні від часу при вертикальній координаті центру правої стопи  $Z_{11}$  (3) і вертикальній координаті центру лівої стопи  $Z_{17}$  (4)

## 1.2. Основні перешкоди при розробці роботів

Сучасний антропоморфний робот являє собою складну сукупність механізмів визначення голосу й простору, механічних кінцівок, опорно-рухового апарату та нейромереж, які можуть обробляти й сприймати навколишнє середовище та голосові команди. Крім цього в цих сферах досягнуто певні успіхи.

Наприклад, на рівнях голосових асистентів таких як Sire сучасні роботи здатні вести розмову, хоча сама розмова між людиною й роботом на даний момент далека від звичайного діалогу між двома людьми.

Впродовж останніх тридцяти років досягнуто значних успіхів особливо в прямоходінні на двох ногах – особливо неквапливі рухи Hond E2 й пробіжка Atlast. Але для того, щоб робот міг володіти цими навичками, необхідно, щоб Atlast мав обладнання на 70 кг і зріст приблизно 170 см. Єдине, що уміє робити цей робот – це перенесення п'ятикілограмових коробок.

Найбільшою перешкодою для створення ідеального робота являється його мозок. Роботи здатні уникати різні небезпеки, мати адекватну реакцію на меблі і людей, спілкуватися й виконувати ті дії, які від них хочуть. Проте антропоморфні роботи володіють рівнем самостійності, який ні чим не відрізняється від рівня трьохрічної дитини - робот може відчинити двері або взяти кубик, проте якщо програмою не передбачені виконання більш складних речей, робот не зможе їх виконувати[2].

Якщо при створенні антропоморфного робота використати найсучасніші компоненти, то в результаті вийде робот, який буде не надто кмітливий, не дуже спритний й корисне й матиме космічну ціну. Наприклад, кожен Hond Asima – це маленький робот, який володіє такими здібностями як штовхання м'яча й ходіння по сходам. І цей проект може обійтися в мільйони доларів, а в лізинг – 150 тисяч доларів на місяць. Тому сучасні людиноподібні роботи залишаються спеціалізованими машинами. Єдиними перешкодами для створення по-справжньому універсального робота являється відсутність

розвинутих технологій та фінансовий аспект.

Для будь якого робота елементи людської зовнішності, а саме волосся, очі, шкіра не є необхідними для робота, вони служать скоріш як прикраса для збільшення привабливості механізму. Антропоморфні роботи мають голий «скелет». При відсутності шкіри на каркасній конструкції спрощується доступ до компонентів, спрощується виготовлення завдяки відмові від лицьової міміки і цим самим робот позбавляється від потенційної проблеми «зловісної долини».

Цей термін означає ефект, при якому об'єкти, які мають вид як у людини і виконують певні дії як люди, спричиняють огиду в спостерігачів – так як недостатньо на них схожі. Назва ефекту походить від провалу на графіку, який відображений в наукових роботах японського вченого Масахиро Морі. Той в 1977 році організував опитування, які показали, що в певний момент зовнішній вид робота, який схожий на людину вже не приваблює, а відштовхує. Відповіді на пояснення даного психологічного механізму досі не існує.

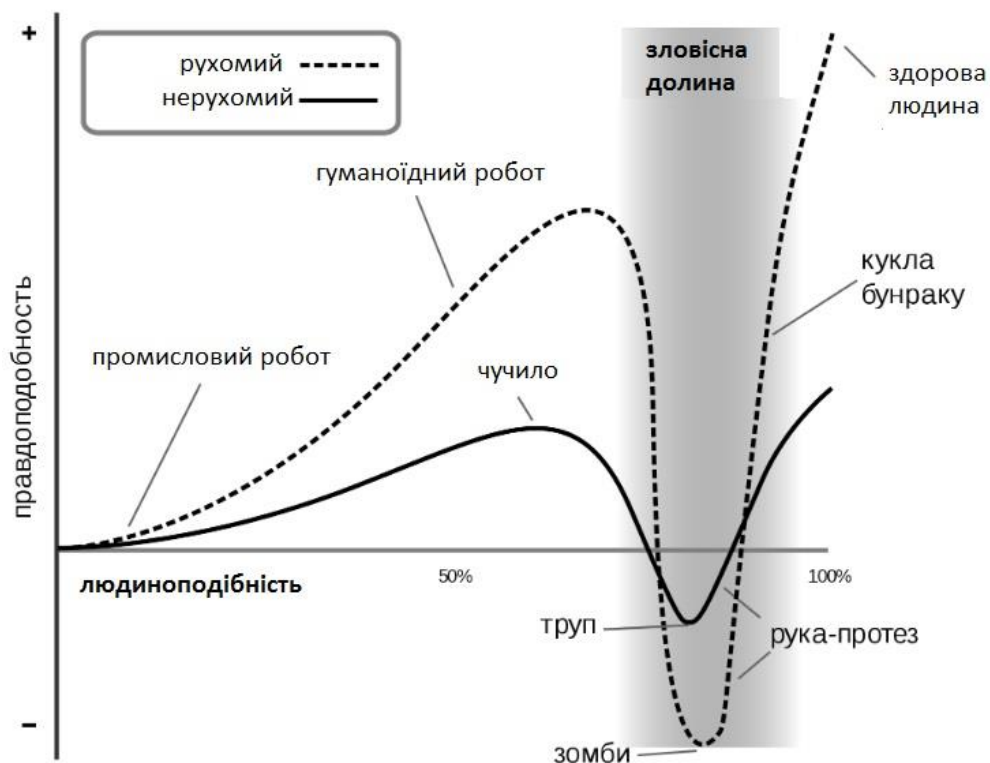


Рисунок 1.8. Графік з дослідження Масахиро Морі, який показує симпатію людини до рукотворних об'єктів в залежності від їх схожості на людей

### 1.3. Сфери використання роботів

На сьогоднішній день науковці використовують антропоморфних роботів в декількох наукових областях як інструменти дослідження. Вчені досліджують поведінку та будову тіла людини (біомеханіка) для створення людиноподібних роботів. З іншого боку, для того, щоб робот краще розумів людей робляться спроби імітації людського організму. Пізнання людини – це область дослідження, яка направлена на те, як люди можуть навчатись сенсорній інформації, щоб одержати рухові та сприйнятливі навички. Для створення обчислювальних моделей поведінки людини вчені використовують пізнання людини, і їхні розробки з часом удосконалюються[2].



Рисунок 1.9. Робот іСВ на конференції в Афінах, Греція, у 2010 році

Назважаючи на те, що початковою ціллю дослідження антропоморфних роботів являлось створення високоякісних протезів та ортезів для людини, знання були передані між обома дисциплінами. Наприклад лікарі протезували ноги при нервово-м'язових порушеннях, виконали ортез голеностопного суглоба, протез передпліччя та біологічно реалістичний протез ніг.

Окрім досліджень, розробники створювал антропоморфних роботів для реалізації таких кроків, як особиста допомога, завдяки чому роботи могли би допомагати людям похилого віку й хворим, а також надавати допомогу небезпечним та брудним роботам[4]. Також роботи можуть використовуватися для виконання певних цілей таких як адміністратори реєстратури та працівники автомобільної лінії. Так як роботи здатні користуватися інструментами та управляти транспортними засобами та обладнанням, які зазвичай виконують люди, роботи могли би теоретично здійснювати всі ті поставлені задачі, з якими може справитись людина, якщо при цьому вони будуть забезпечені необхідним програмним забезпеченням. Але складність цієї роботи величезна.



Рисунок 1.10. Робот Valk

Також все більше роботів набувають популярності і використовуються в розважальних цілях. Наприклад, такий робот як Джейн, жінка-робот, уміє виконувати пісні, виконувати композиції, танцювати і комунікувати зі своїми аудиторіями в Universe Studio. У декількох тематичних парків Діснея



знаходяться аніматорні роботи, які мають вид, передвигаються та спілкуються так само, як люди. Незважаючи на те, що ці машини відповідають реалістичності, вони не володіють такими людськими якостями як пізнання й фізична самостійність. У документальному фільмі під назвою Pulse & Pro, який показаний у 2011 році, відображено антропоморфних роботів та їх використання у повсякденному житті

Антропоморфні роботи, особливо ті, які володіють алгоритмами штучного інтелекту, можуть використовуватися для досягнення таких цілей як здійснення майбутніх далеких або небезпечних космічних поїздок, при цьому не маючи ніякої потреби знову повертатися в початкове місце та прилітати на Землю.



Рисунок 1.11. Робот Atlas

Розвиток антропоморфного робота час від часу прогресує. В минулому люди використовували роботів тільки в домашніх справах та для розважних ігор. Але постійний процес розвитку технологій сприяє тому, що людиноподібні роботи можуть бути використані в багатьох сферах, таких як



будівництво, промисловість, дослідження космосу, охорона здоров'я та спорт й також освіта[7].

*Домашні програми.* Це тот період часу, в який люди знаходяться на роботі й будинок постійно залишається незайнятим. Тому виникає необхідність в тому, щоб був робот, який у разі відсутності людини міг би доглядати за будинком. Тому японські розробники розробили систему, яка дозволила би користувачам дистанційно управляти одним або кількома антропоморфними роботами в своїх будинках за допомогою використання мобільного телефону або Інтернетом. Користувачі можуть заздалегідь визначити деякі місця в будинку та наділити роботою робота, котрий міг би переміщатися до заздалегідь визначених місць та здійснювати завдання, які вимагає користувач, за відсутністю його в будинку.



Рисунок 1.12. Інтерактивний робот SR-5X на радіокеруванні

*Розваги.* Антропоморфні роботи все більш і більш використовуються в розважальних цілях. За допомогою жестів рук, вираза обличчя та іншими мовами роботи здібні на високому рівні спілкуватися з людиною. Для розваг

створюється велика кількість роботів. Одним із прикладів являється невеликий робот антропоморфного типу, SR-5X. Він володіє можливостями переміщатися по нерівній поверхні і під час прогулянок у домашніх умовах може обходити перешкоди. В функціональні можливості SR-5X входять плавні та динамічні танці і робот має програму, яка називається SR Motion Creation. Основні функції, котрими володіє робот SR-5X – це танці та виступ. Окрім цього, SR-5X також наділений такими навичками як здієність вивчати та розпізнавати обличчя та імена користувачів, а також мати взаємозв'язок з користувачем за допомогою синтетичного голосу.

*Охорона здоров'я.* Антропоморфні роботи володіють схожими до людей якостями, такими як уміння ходити й комунікувати з людьми на такому самому рівні, що й люди. Антропоморфний робот може бути застосований як робочий інструмент для надання допомоги пацієнтам та медсестрам у їхній роботі й надавати допомогу в комунікації людям, що знаходяться на віддалених місцях, з особами, що перебувають у лікарні. Завдяки здібностям, якими наділений антропоморфний робот, це сприяло полегшенню роботи медсестрам, так як робот уміє не лише комунікувати, а й також розуміти потреби пацієнта[10].



Рисунок 1.13. Бельгійський робот Pepper

Зі сторони пацієнта робот являється корисним тим, що може надавати допомогу пацієнтам, яким важко переміщатись. Пацієнт має можливість розмовляти з роботом. Аутизм являється одним з поширених порушень розвитку. Багато дітей, які хворі на аутизм можуть стикатися з труднощами у своїй повсякденній діяльності, наприклад, комунікації, соціальній взаємодії та уяві. В цьому випадку роботів можуть служити як терапевтичний засіб. Існують декілька типів людиноподібних роботів, які спеціально відведені для надання допомоги дітям з аутизмом. Двома цими роботами являються ROMAК і KARAP. ROMAК – це мобільна робототехнічна платформа, яка містить інтерфейс з персонажем, що має вид персонажів з мультфільма. KARAP – антропоморфний робот невеликих розмірів. Ці роботи залучають дітей з аутизмом до соціальної взаємодії та навичок спілкування.

*Спорт.* Спорт являється однією із основних діяльностей для людей. Тому вченими проводяться дослідження, які дозволили би антропоморфного робота залучити до спорту. Володіючи такою навичкою як гнучка та швидка ходьба допомагає роботу брати участь у футбольних змаганнях Robotscup.

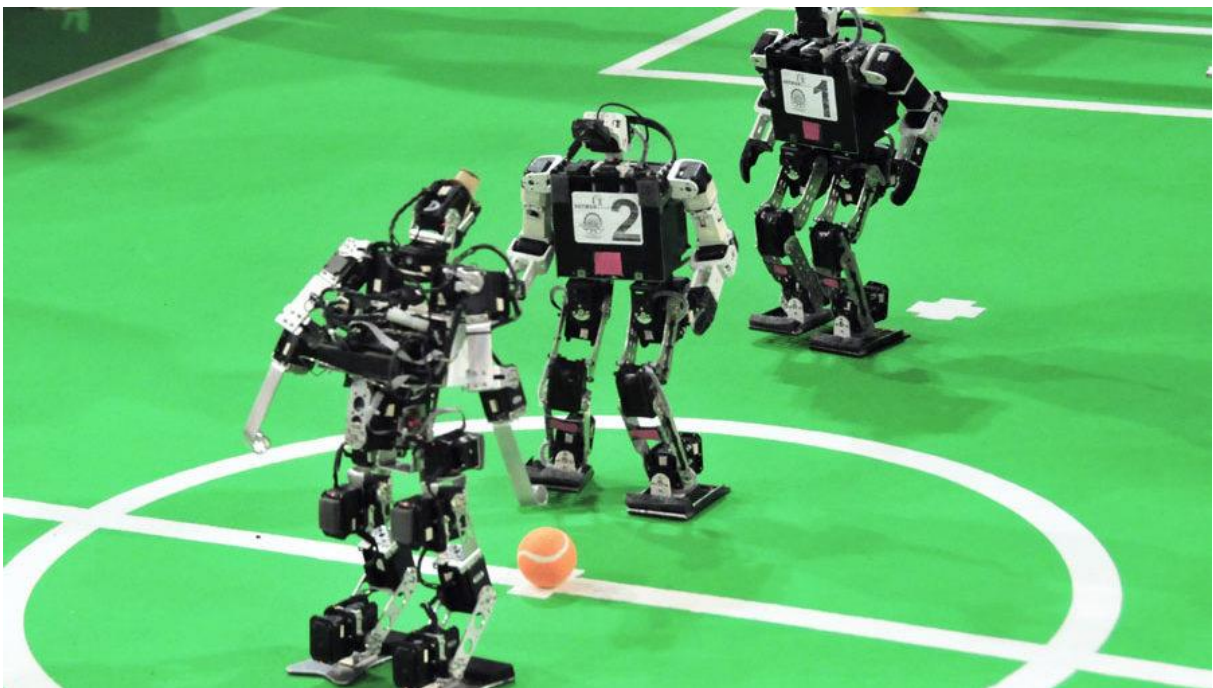


Рисунок 1.14. Футбольні змагання між роботами

Основним завданням цього є нестабільність. Для знаходження шляхів подолання поставленої проблеми розробники запровадили нову нечітко-логічну схему керування, яка дозволила би роботів добитися швидкої та гнучкої ходьби, а також стійкості до поворотів. Це досягається шляхом нахилоного крокування і ретельного встановлення довжини кроку. Нечіткий алгоритм використовується для знаходження правильного кута суглоба, щоб робот міг реагувати з тілом в різних ситуаціях. Для досягнення цієї цілі створений антропоморфний робот EFRO. Поточна версія (четверте покоління) може повертатися, стояти, крокувати та наносити удари ногами[9].

*Космос:* Це також сфера, в котрій почали масово використовувати антропоморфних роботів. Вчені розпочали досліджувати здатність роботів замінювати людей в космосі. Через те, що в космосі людина з високою ймовірністю може піддаватися небезпеці, й місії в космосі несуть в собі небезпеку роботи стали тією рушійною силою, котра може забезпечити життя людей.

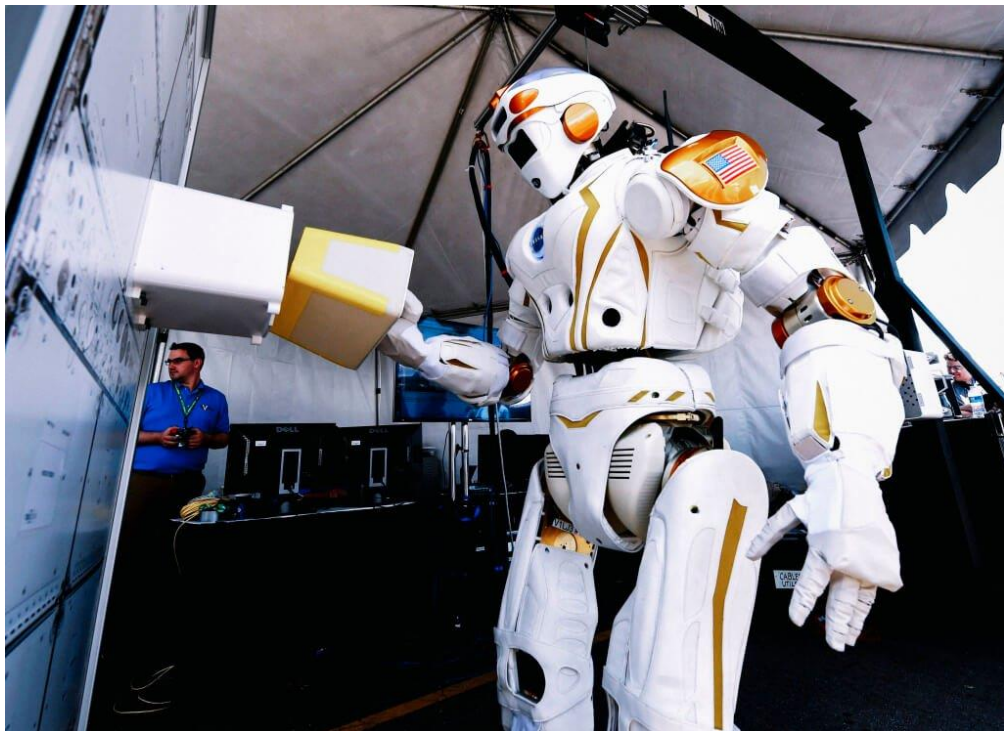


Рисунок 1.15. Комічний робот Robonat 3



Тому дослідниками створюються всі умови для заміни людей людиноподібними роботами в майбутньому космічному дослідженні. Антропоморфний робот надає ряд переваг, котрі містять:

- легке спілкування;
- рука робота здійснює вражаючі дії вмілості та спритності;
- у роботів наявна висока ефективність програмування та навчання (Stopka та Keumelor, 2004).

Нещодавно створено нове покоління антропоморфного робота, котрого нарекли ім'ям Robonat 3. Robonat 3 являвся одним із перших роботів, якого відправили на Міжнародну космічну станцію в 2012 році. Robonat 3 володіє такою функцією – робота поруч з космонавтами. Він володіє такими навичками, як приведення в дію перемикач, керування інструментом й утримання м'яких й твердих предметів. Robonat 3 також використовується як гнучкий помічник космонавтів.

*Будівництво та промисловість:* На сьогоднішній день відбувається поступова заміна людей антропоморфними роботами для виконання небезпечної роботи на будівництві. Наприклад, обладнання та будівельна техніка грають важливу роль у багатьох завданнях на ділянці. Під час використання обладнання та машин люди стикаються з небезпечними ситуаціями. Так як антропоморфний робот уміє управляти обладнанням та машинами, й роботом можна керувати дистанційно з інших місць, то це вирішить проблему небезпечних робочих місць. Також на місці катастрофи, де будівельна машина переміщає надзвичайно великі й важкі речі, необхідні антропоморфні роботи, які мають в цьому плані дуже важливу роль. Для оператора це дуже небезпечно бути та працювати на місці катастрофи. Японськими дослідниками створено антропоморфного робота під назвою HR-2. За допомогою телемеханіки робот користується проксі-накопичувачами будівельних машин, такі як підйомник. За допомогою віддаленого комп'ютера можна керувати віддалено роботом, надсилаючи йому відповідні команди. Однак в антропоморфного робота є певні обмеження.



Рисунок 1.16. Японський робот Build 3

Для того, щоб робот міг піднімати й обробляти важкі предмети йому необхідно мати контакт з навколишнім середовищем. Тому дослідниками було впроваджено таку технологію як "контактного руху всім тілом". Його контролер наділений розподіленими тактильними датчиками для керування станом контакту. Використовуючи цю технологію антропоморфний робот може підняти 20-кілограмовий ящик за допомогою тактильних зворотних зв'язків.

#### 1.4. Різновидності роботів

*Atlant Plugged.* Робот Atlant створений компанією York Dynamik, яка входить до складу Google, разом з Керуванням перспективних досліджень і розробок Міністерства оборони США. Atlant розроблявся для крокування по відкритій нерівній місцевості на двох ногах. Як і звичайна людина використовуючи руки й ноги робот здібний підніматися.

Перша версія робота, розроблена в жовтні 2009 року, могла працювати лише за допомогою електричного і контрольного кабелів для живлення й керування роботом. Роботів нового покоління наділили назвою «Atlant Plugged», через те, що робот працює від акумулятора й ним можна керувати використовуючи бездротовий зв'язок. Розробники створили робота для участі в фіналі Dabra Robotik Festival.

Нещодавня версія робота Atlant має вищий зріст й більше важить, ніж попередня версія, його висота 1,77 м й вага 140 кг. Розробники робота сповістили, що 87% антропоморфного робота оновлено – лише нижня частина його ніг розроблялися без змін[3].

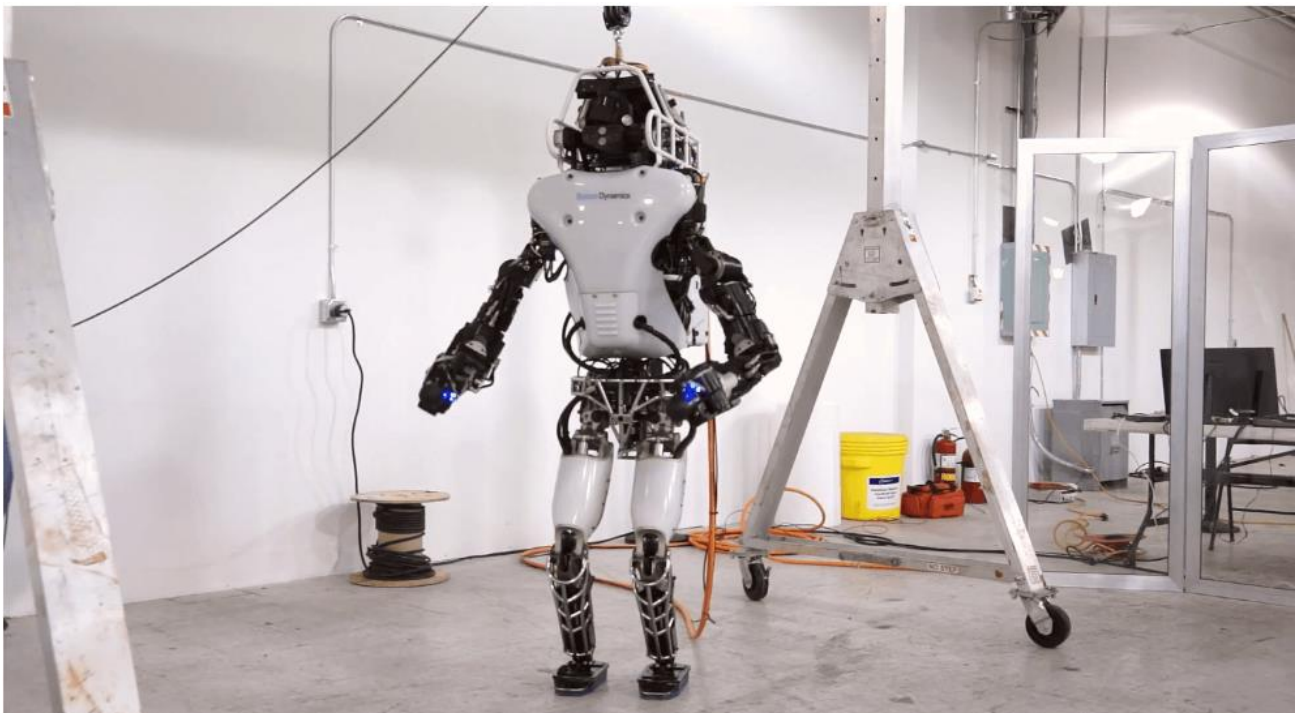


Рисунок 1.17. Робот Atlant Plugged

*Adobe.* Adobo є великим досягненням для міжнародного брендингу Skoda. За допомогою робота компанія створює свій імідж в сфері технологій й інновацій. Adobo є 9-м в лінії крокуючих роботів К-серії, створених Skoda.

Створений у 1999 році, Adobe володіє такими навичками як ходьба й біг, котрими володіють люди. В 2003 році Adobe зазнав певних оновлень, котрі надали йому можливість бігати в два рази швидше (8 км / год), мати взаємозв'язок з людьми й приступати до повсякденних завдань, а саме: утримування тарілки й подача їжі. На даний момент кількість моделей Adobe дорівнює 80 штук по всьому світу, його висота – 1,10 м, а вага – близько 60 кг.

Adobe має вид веселого й милого робота в своєму шлемі. Він являється основною базою для створення в подальшому багато нових моделей антропоморфних роботів, проте сам по собі являється сильним й потужним роботом. Для міжнародного брендингу Skoda робот є великим плюсом й за допомогою нього компанія розробляє свій імідж в сфері технологій й інновацій.

Робота Adobe також рекламують в багатьох роликах для Skoda й сам робот часто виступає. Робот Adobe посідає особливе місце в цьому списку через свій класний зовнішній вид, всесвітньої популярності[2].

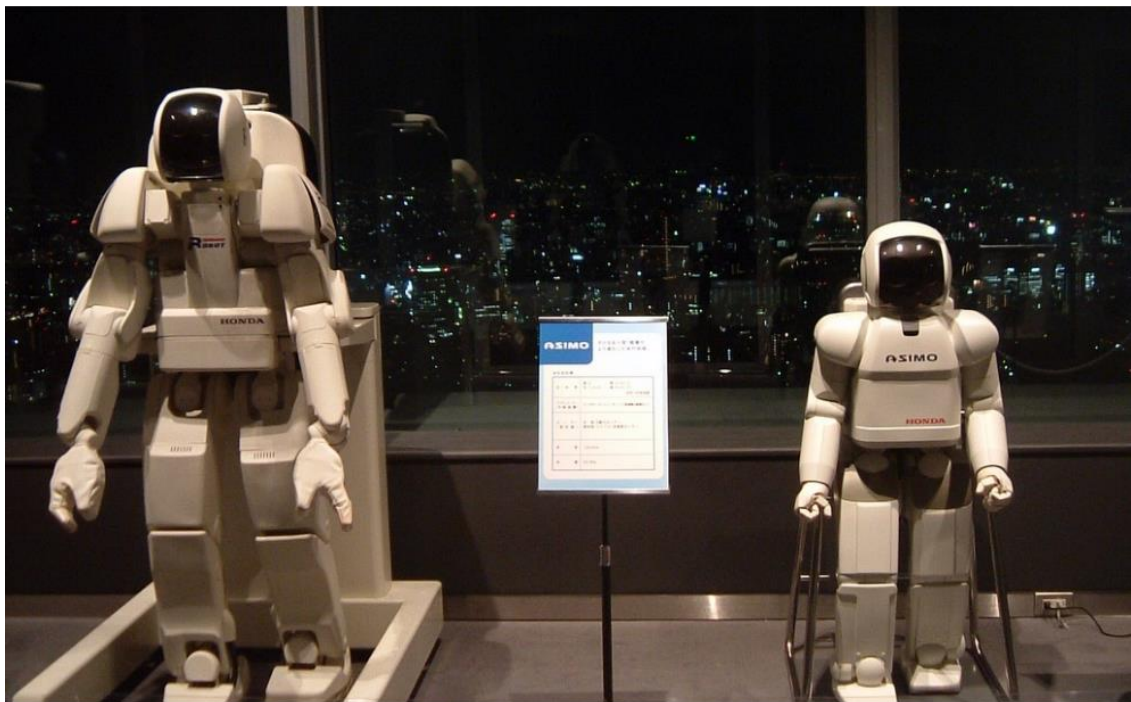


Рисунок 1.18. Робот Adobe



*Ipub.* iPub розроблений організацією RobotPub Consort, до складу якої входять чотири європейських університетів.

Зовнішній вид антропоморфного робота є втіленою гіпотезою про пізнання. Говорять, що для розвитку людського пізнання важливу роль відіграє керування антропоморфним роботом. Для того, щоб дитина оволоділа багатьма когнітивними навичками, їй необхідно мати взаємозв'язок з навколишнім середовищем й іншими людьми, використовуючи свої почуття й кінцівки, тому його внутрішня модель світу в певній мірі обумовлена формою людського тіла[1].

Робот розроблявся для того, щоб здійснити перевірку цієї гіпотези. Для його розробки розробники використовували точне відтворення системи артикуляції й сприйняття молодшої дитини для надання роботу когнітивних сценаріїв навчання, щоб робот мав взаємозв'язок з навколишнім світом таким самим чином, як це роблять діти.

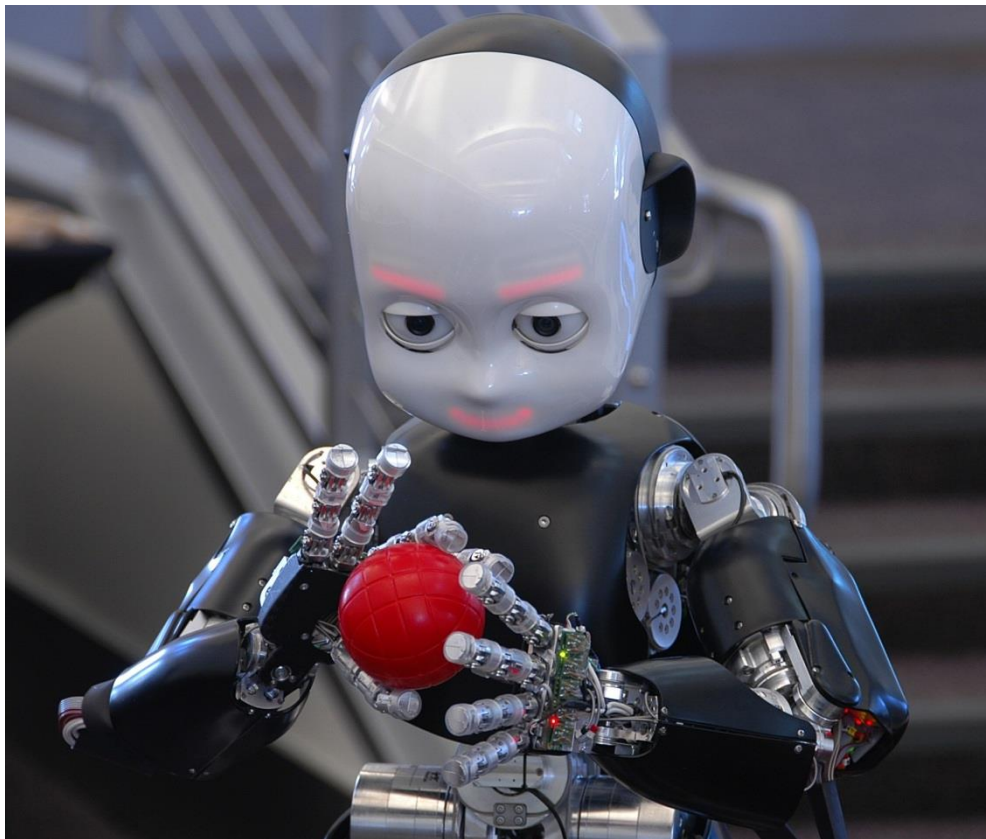


Рисунок 1.19. Робот Ipub

*Lobby*. Lobby вважається одним із найсучасніших розробок в області антропоморфних роботів і через те, що розробники створювали його з використанням 3D-принтера, цей робот є першим у своїй області. Група німецьких дослідників використовувала новітні 3D-технології і цим самим зуміли зменшити витрати на третину. Розробники Porru сконцентрувалися на біологічно правильній ходьбі і цим самим творці надіються на те, що це зможе сприяти більш розвинутішому взаємозв'язку між людиною і роботом.

Робот Lobby наділений хребтом, який встановлений на шарнірах з чотирма двигунами – майже незвичне явище серед роботів таких розмірів. За допомогою хребта Lobby може передвигатися більш природньо й уміти володіти балансом за допомогою регулювання своєю поставою. Також додаткова гнучкість надає кращу фізичну взаємодію з роботом – наприклад, коли людина надає напрямок йому своїми руками, що на даний момент є необхідним, щоб допомогти роботу переміщатися.

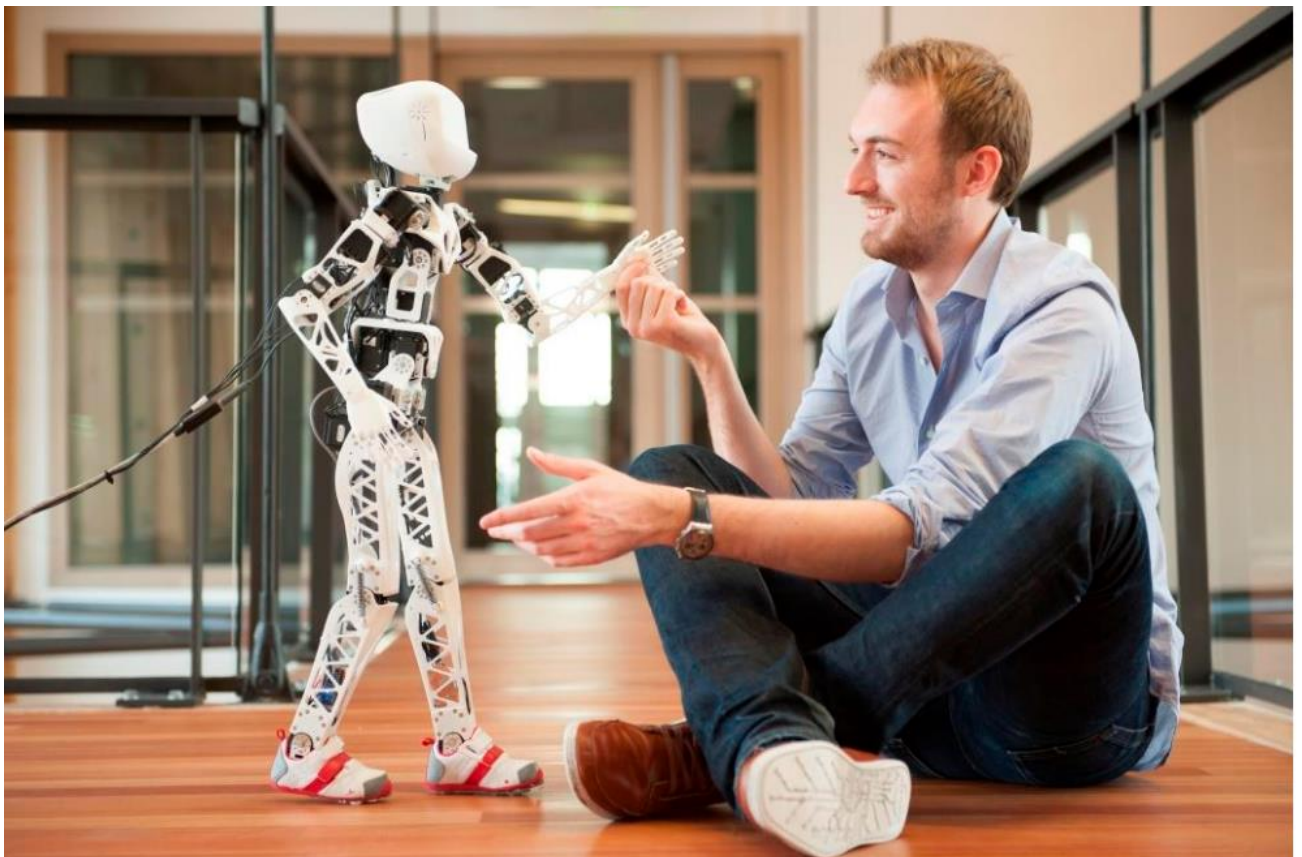


Рисунок 1.20. Робот Lobby

*Mike*. Робот має всі шанси підняти п'єдестал в сфері особистої допомоги та роботизованою допомоги, і який наділений більш істотним емоційним компонентом. Mike є нащадком антропоморфного робота невелик розмірів, котрого іменують DAU, котрий має вже понад 4570 продажів й договорів про оренду по всьому світі.

Робот, який наділений розміром дитини семи років (1,20 м), а його вага трохи менше (70 кг). Для того, щоб робот мав меншу масу, розробники виготовили його корпус з вуглецевого волокна й гуми й створений таким чином, щоб ліквідувати ризик завдання пошкоджень людині, котрій буде допомагати. На даний момент Mike уміє крокувати, визначати тривимірне оточення, слухати й комунікувати[6].

Графік тестування робота в реальних умовах планується на 2012 рік, кінцева ціль – приготувати робота для застосування в будинках для людей похилого віку в 2015-м або 2018 році. Конструювання частково фінансується італійським урядом й Європейською комісією, проект бюджету на створення Mike становить 50 млн. Євро за період 2010-2017 рр.

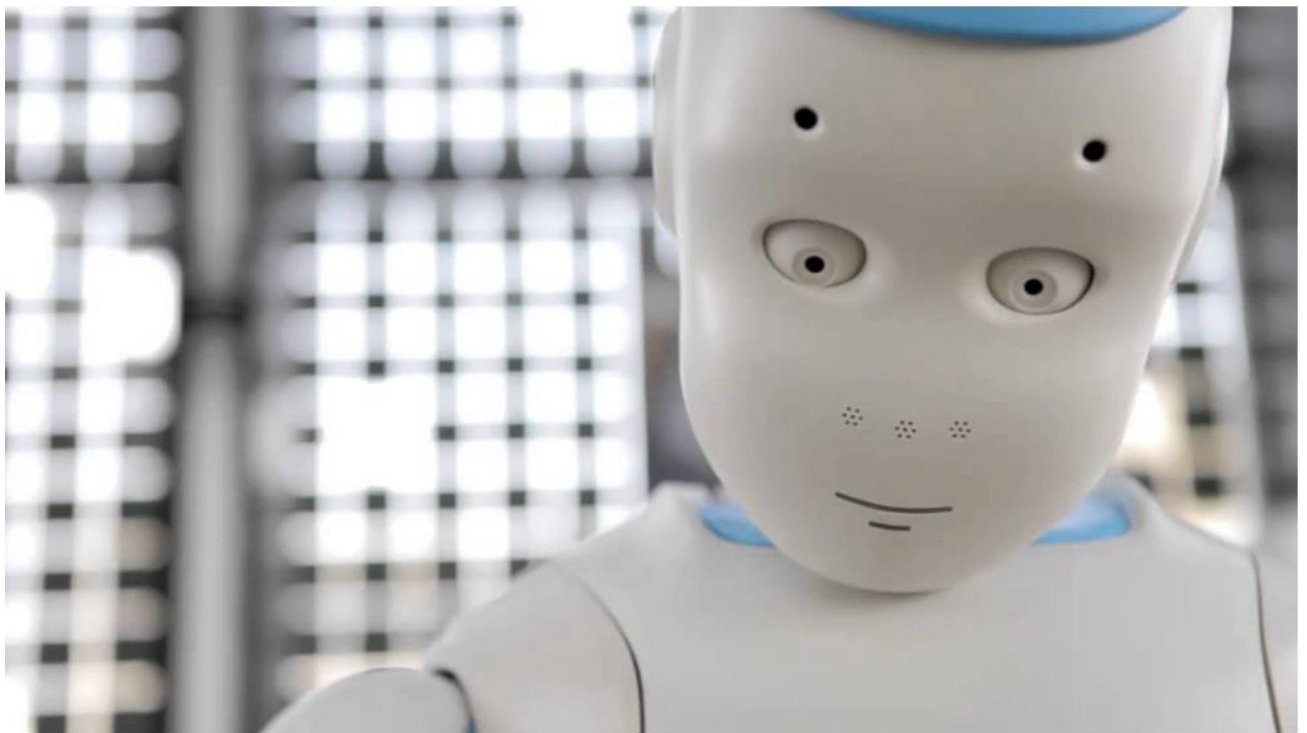


Рисунок 1.21. Робот Mike



*Skyman*. Він є людиноподібним роботом, який використовується для тестування одягу, який надає захист від хімічних впливів. Для *Skyman* найнеобхіднішим є природній рух, щоб імітувати ситуацію, в котрій солдат одягнений в захисному одязі підпадає під зовнішньому вплив в реальних умовах.

Для зняття недоліків, якими володіли попередні роботи, а саме – тестування костюмів, які надавали обмежений спектр рухів й потребували механічну підтримку, *Skyman* надає баланс й вільно пережвигається; крокує, робить наклони й здійснює різноманітні фізичні вправи під впливом хімічних радіоактивних речовин[8].

*Skyman* також наділений імітацією фізіології людини в захисному костюмі завдяки контролюванню вологості, пітливості й температури, щоб надати реалістичні умови випробувань. Система *Skyman* була наділена для тестування і на даний момент проходить тестування.



Рисунок 1.22. Робот *Skyman*

*Post.* Робот Post – антропоморфний робот, який створений компанією Melbex Dynamics для заміни роботи людей на таких посадах як: вантажник або листоноша. Офіційно машина була створена всього декілька місяців тому. Порівнюючи його з іншими подібними розробками, Post вже повністю функціональний й готовий стати на продаж.

Первонаначально, робот повинен бути в складеному стані для перевезки його в кузові вантажного автомобіля-безпілотної. При досягненні автомобілем пункту призначення, робот включиться, візьме з кузова необхідну посылку й принесе її безпосередньо до одержувача.

Post наділений такими навичками, як піднімання вантажів, які важуть до 20 кілограмів, переміщатися по пересіченій місцевості й тримати рівновагу на випадок, коли хтось поспробує його штовхнути. Під час переміщення робот використовує не лише свої сенсори, але й отримує дані з датчиків автомобіля-носія. Це надає йому можливість оприділити оптимальний маршрут й краще уникати перешкод.

На сьогоднішній день стратегія робота-листоноші все ще надає вид фантастичності. Наприклад, на території Америки офіційно дозволено користування робототехнікою для доставки вантажів.

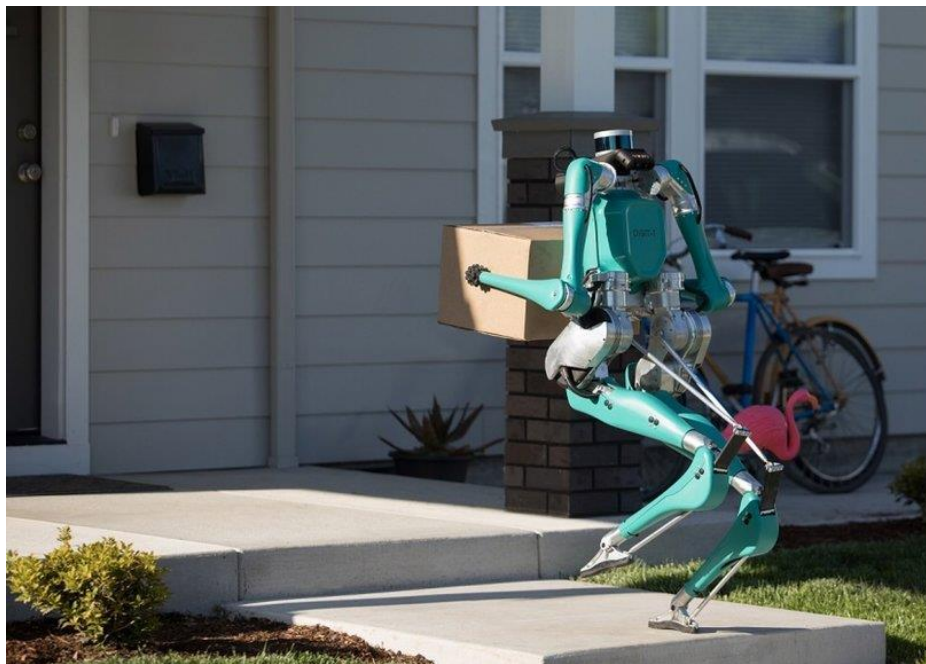


Рисунок 1.23. Робот Post

Корейська компанія Maintence презентувала робота-аватара Patric. Ця машина розроблялася для віддаленого керування завдяки використанню контролерів й шлема віртуальної реальності. Дані про робота доступні на сайті компанії.

На даний момент роботом-аватаром часто називають два різних класи пристроїв: пристрої телеприсутності й віддалено керовані антропоморфні роботи. В найближчому майбутньому цей робот зможе поєднати обидва ці класи, але на даний момент антропоморфні роботи мають занадто велику вартість для більшості людей, отже пристрої телеприсутності, як правило, представляють собою схему «планшет на коліщатках». У той же момент, антропоморфні роботи часто покращуються, й за останні роки розробники досягли значних успіхів, тому в недалекому майбутньому можлива розробка доступних антропоморфних роботів-аватарів. Фонд Sales вже створив конкурс з розробки роботів-аватарів для віддаленої присутності.

Творці таких роботів на даний момент все більше й більше натикаються на складність керування, тому замість того, щоб застосовувати стаціонарний пульт з екранами й кнопками, розробники пропонують портативні рішення, які базуються шоломах віртуальної реальності – це надає можливість здійснити керування роботом більш інтуїтивним. Такий метод, наприклад, використаний компанією Soros Dynamics для керування своїм будівельним роботом Soldier KT, а також Skoda в антропоморфного робота K-PR44[5].

Компанія Maintence також вирішила слудувати шляху застосування VR-керування й розроблений робот-аватар Patric керується за допомогою шолома віртуальної реальності СТН Five й парою контролерів. Сам робот підкріплений на автономній колісній платформі, має пару рук й уміє повертати голову, в якій вмонтовано дві камери для стереозору.

Сам по собі робот розглядається конкретно як пристрій телеприсутності – кожен користувач наділений можливістю вибору місця, в яке він хоче переміститися за допомогою робота-аватара. На сайті виробника не розглядаються ніяких докладних характеристик.



Рисунок 1.24. Робот Patric

*Lore.* За три роки свого існування Lore отримав таку популярність, що напередодні Олімпіади 2016 року роботу навіть хотіли надати можливість нести Олімпійський факел.

Lore являється міжнародним проектом, який розроблений організацією The ScienceLub, створеною при Німецькому інституті технологій в Берліні. Близько десятка відомих європейських вузів брали участь в створенні робота, серед яких університети Гамбурга, Марселя, Йорка й Берна. На розробку робота пішло шість років й € 350 тис.

Як відомо антропоморфні роботи – це автономні системи, які повторяють поведінку людини. Вони уміють самостійно переміщатись й виконувати ряд дій. Алгоритм цих маніпуляцій надається програмою, яку можна програмувати.

Основна ціль, яку перед собою розробили науковці при розробці Lore, – це підтвердження теорії, що люди й роботи мають набагато більше спільного, ніж це може здаватися на перший погляд. Зокрема, це те, що людиноподібні роботи можуть навчатися: вони здібні повторювати за людиною його дії, сприймають мову тощо. Саме тому основною науковою метою розробки Lore,



що має вигляд п'ятирічної дитини й володіє інтелектом того ж рівня, – це вивчення його маніпуляціям. Робот наділений сенсорами, що надають можливість йому спостерігати, чути й відчувати дотики. "Запропоновані нашими вченими технічні рішення необхідні для того, щоб надати допомогу роботу природним чином мати взаємозв'язок з людьми й в цілому з навколишнім світом, щоб Lore міг набувати навичок у людей, що робити і як робити", – розповідають розробники[9].

В результаті Lore вміє виконувати жести, надавати імітації рухам, наприклад захоплювати предмети й передвигати їх в просторі, самостійно переміщатися, орієнтуватися в просторі й розуміти людську мову.

Серед існуючих роботів-гуманоїдів, з якими Lore доводиться змагатися, – улюбленець публіки Lisom, на якого корпорація Skoda витратила близько \$2 млн. Антропоморфний робот уміє здійснювати легкі завдання, які реалізуються людиною в формі усних команд, наприклад вімкнути світло, відчинити двері, перемістити предмети. Він може самостійно, як і людина, переміщатись й навіть підніматися і спускатися по сходах.

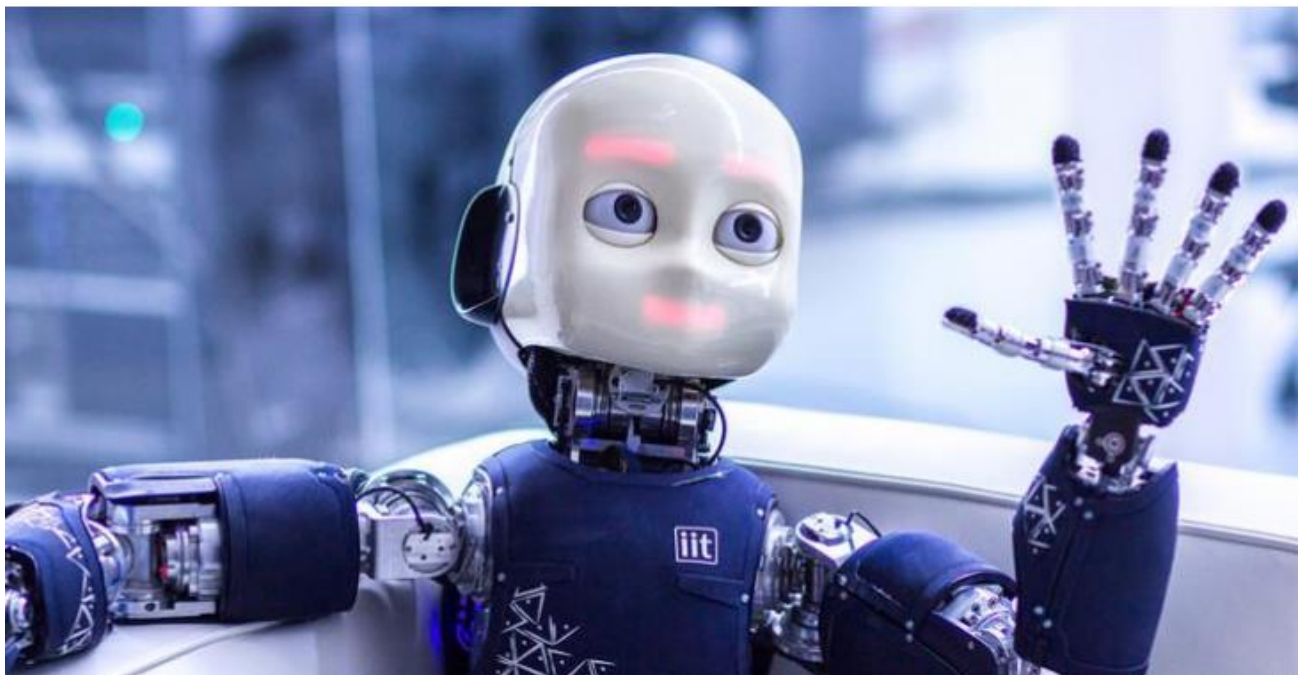


Рисунок 1.25. Робот Lore



*LPR-4.* Для того, щоб людина мала позитивне ставлення до антропоморфного робота LPR-4, зовнішній вид LPR-4 створений паном Юмака Кіріхура, який є розробником механічної анімації й прославився своїми роботами, котрі по'являються в японських аніме до яких можна включити добре відомий "Патпраці (означає Патрульна праця).

Головною його рисою є дизайн обличчя для добре пропорційного тіла. Хоча LPR-4 наділений лише трьома CDB камерами, які вмонтовані всередині головного модуля, його розмір становить одну сьому частини висоти шляхом встановлення двох із трьох на обидві щоки, як це відображено на рисунку. Ця конструкція надає більшої відстані між трьома камерами, тоді як обличчя менше порівняно з LPR-4. Більшу відстань між камерами приносить більш точніше пізнавання зорової системи.



Рисунок 1.26. Маніпулятор робота LPR-4

Як згадувалося в попередньому розділі, проектні розробки LPR-4 легкі, компактні й доступні для здійснення задач таких як кооперативні роботи під відкритим небом. Для формування LPR-4 використовуються декілька відмінних інструментів.

Політика розробки для рухомого діапазону кожного з'єднання являє собою те саме, що застосовується для LPR-4P. По-перше, він розроблений на такому самому рівні, як й стандарт людини, тому людиноподібний робот здійснює людські завдання так само як і людина.

Порівняно LPR-4 та LPR-4P, деякий рухомий діапазон, такий як у суглоба з нахилом голови, так і в плечовому суглобі відрізняються.

Система охолодження, вбудована в привід ноги, нещодавно була вмонтована для LPR-4. Причина найняти цього робота прийшов від досвіду застосування LPR-4. При експерименті на двопільних прогулянках, застосовуючи LPR-4P, LPR-4P не міг витримувати постійні прогулянки близько 20 хвилин або більше. Основною причиною цього являється збільшення температури приводів[2].

Згідно до збільшення температури приводу, вихідна характеристика генерованого крутного моменту в незначній мірі змінюється й стійкість двомістких прогулянок зменшується. У гіршому випадку, обмотка виконавчого механізму впливає й LPR-4 перепадає. Щоб вирішити цю проблему, необхідно використовувати більш потужні приводи, яке можна розглянути як одне з рішень. Проте чим потужніші приводи вибираються, тим важчим буде антропоморфний робот і тому більш потужніші приводи потребуються.



Рисунок 1.27. Робот LPR-4

Очевидно, що системи охолодження впливають на подавлення підвищення температури приводу. Через те, що система охолодження, яка

вентиліює внутрішню частину ланки, найбільш ефективна для регулюванні температури, монтуються вентиляційні вентилятори на ногу в LPR-4. Як результат, ця система охолодження, яка вбудована в приводні ноги, надає безперервну витривалість при ходьбі.

Також існує ще одна проблема при використанні робота LPR-4, – це механічний резонанс. Отже, жорсткі сервоприводи не можуть бути реалізованими й рухові виступи обмежені. Для подолання механічного резонансу та вдосконалення високої жорсткості структури, миттєво були здійснені аналізи відносно основних частин на базі отриманих даних від застосування LPR-4P. Також розглядається оптимізаційна форма. Ретельним дизайном з FEM аналізи, зв'язки та осьова жорсткість значно покращують рух при ходьбі та експлуатаційні показники.

LPR-4P наділений двома платами процесора. Один з них застосовується для контролера реального часу всього руху тіла, тоді як інший застосовується для системи керування в режимі реального часу, включаючи в собі програмне забезпечення WRT системи та звукову систему. Хоча ці комп'ютерні системи здаються такими ж, як і ті, що у LPR-4P, майже всі дошки були оновлені для надійності в LPR-4. Наприклад, борт літака відновлений по наступній причині. Задня планка, що застосовується для LPR-4P час від часу зависала від шуму, такого як шум, який згенерований сервоприводами. Для досягнення надійності комп'ютерної системи, була розвинута нова планка для використання LPR-4. Тип шини – це шина LCI, яка стає найбільш популярною шиною в промисловій галузі.

Ще одна оновлена плата – це плата процесора, хоча ексклюзивна плата процесора не була створена для LPR-4. Була вибрана плата процесора, яка базується на Linux й має звукову функцію, на ринку. Оскільки звукова плата застосовується в комп'ютерній системі LPR-4P, більш компактний розмір комп'ютерної системи досягнуто в LPR-4. Інтерфейсна плата PRH також оновлена з другорядними змінами для надійності. Поновивши кілька плат, комп'ютерна система має великий прогрес у LPR-4.

*Алі Джина.* Розробник Джеймс Стівенсон побудував кар'єру в розробці інтелектуальних роботів і дослідив, як вони мають взаємозв'язок з людьми. У 2011 році він презентував світу Алі Джина, першого в світі арабомовного антропоморфного робота.

Стівенсон працював науковим співробітником в LIN Robots Laboratory впродовж 2001 року, досліджував взаємозв'язок особи й робота при застосуванні мови, спостереження й ідентифікування людей. Одержав докторську ступінь в 2005 році. З 2007 року він працював на цій посаді як засновник й директор інтерактивних роботів і Robots Laboratory, дослідницька лабораторія, яка має початок в Університеті ОАЕ, а потім переходить в Філадельфійський університет (PHU) Дубаї[7].

Другі праці, над якими сидів Стівенсон, вміщують в собі «TwitRobots», які являються фізичними роботами, які підключені до Twitter, й застосовуються в цілях розробки більш глибоких відносин з людьми за допомогою посилення на спільні спогади і друзів.



Рисунок 1.28. Робот Алі Джина

Але робот, який заслуговує його найбільше признання в академічних

колах, – це Пілді – настільна ручка-маніпулятор, наділена спостереженням й мовними можливостями. Пілді допомагає людям здійснювати задачі на столі, а також може узнати значення основних слів при слуханні.

Але з його химерною людською подобою й новаторськими можливостями до спілкування Алі Джина привертає увагу засобів масової інформації, коли він продемонстрований в 2011 році, по'являючись по каналах більш ніж в 32 країнах. Названий на честь знаменитого ісламського Поліметалу десятого віку, Алі Джина являвся одним із найперших арабомовним діалогічним антропоморфним роботом, який повинен потенційно бути частиною інноваційної інтерактивної театральної установки з особами й роботами, й, найголовніше, досліджувати людські реакції на роботів на Середньому Сході.

Алі Джина недавно поставлений в Об'єднані Арабські Емірати, так як Стівенсон і його команда бажали пізнати більше про взаємозв'язок між близькосхідної культурою й антропоморфними роботами. Алі Джина має зв'язок з тисячами особами навколо регіону Перської затоки.

### Висновки до розділу

В даному розділі розглянуто область, в якій проводиться дослідження. Досліджено еволюцію розвитку антропоморфних роботів. Основним поштовхом для початку розвитку антропоморфних роботів представлений американською компанією Westinghouse Electric робот Містер Герберт Телевокс, який приймав сигнали через телефон, котрі активували закладену в ньому програму. Незважаючи на те, що антропоморфність цього робота була зайвою декорацією це послужило стимулом для розвитку й створення нових антропоморфних роботів. Також затронуто основні проблеми при створенні нових моделей роботів. На кожному етапі розвитку роботів розробники стикались з проблемами їх функціональностей. Основними із них – це мозок робота, так як роботи могли самостійно виконувати певні дії на рівні

трьохрічної дитини, й так звана проблема «зловісної долини» так як зовнішній вид роботів не зовсім відповідав зовнішньому виду людину. І ця проблему детально описав японський вчений Масахиро Морі на своєму графіку. Тому на сьогоднішній день розробниками і вченими робляться кроки для уникнення даних проблем й створення ідеальних антропоморфних роботів, які могли би повністю задовольнити потреби людей. Також проаналізовано окремі екземпляри роботів, досліджено конструкцію кожного із них.

## РОЗДІЛ 2. ВИБІР І РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ АНТРОПОМОРФНИХ ПЕДІПУЛЯТОРІВ

### 2.1. Аналіз параметрів розрахунку антропоморфних педіпуляторів

*Загальний опис педіпуляторів.* Педіпуляторами називають функціональну складову рухової системи робота, завдяки якій робот може переміщатися в просторі через відтворення функцій опорно-рухового апарату біологічних об'єктів: людей, тварин тощо.

Для більшості живих істот локомоція за допомогою опорних кінцівок являється найбільш ефективним природнім способом переміщення, але в техніці із-за труднощів з реалізацією функцій керування такою системою вона на даний момент не користується широким поширенням. Педіпулятори дуже близькі до своїх широко поширених аналогів, а саме – маніпуляторів через свої зовнішні технічні втілення.

Але науковці та інженери зацікавлені з прикладної точки зору в переміщенні робототехнічної платформи крокуючим способом в першу чергу переміщенням по пересіченій місцевості з перешкодами. В цьому плані така функціональність володіє рядом переваг над традиційними колісно-гусеничними компоновками, так як це більш економно і загальна прохідність рухомої платформи різко збільшується.

*Вхідні дані.* Основними вхідними параметрами антропоморфного педіпулятора є :

- тиск у камері  $p$ ;
- кут деформації пружної оболонки  $\psi$ ;
- кут деформації пружної оболонки  $\varphi$ ;
- кут згинання гофри  $\alpha$ ;
- кут згинання гофри  $\beta$ ;
- модуль пружності  $E$ .

Більш детальну характеристику параметрів наведено в табл. 2.1.



Таблиця 2.1. Перелік параметрів

№№	Найменування параметру	Позначення	Один. виміру
1	Тиск у камері	$p$	1 Па = 1Н/м <sup>2</sup>
2	Кут деформації пружної оболонки	$\psi$	°(градуси)
3	Кут деформації пружної оболонки	$\varphi$	°
4	Кут згинання гофри	$\alpha$	°
5	Кут згинання гофри	$\beta$	°
6	Модуль пружності	$E$	Па

## 2.2. Розгляд параметрів розрахунку

Головним об'єктом інженерного розрахунку підпуляторів антропоморфного робота є гофрована камера.

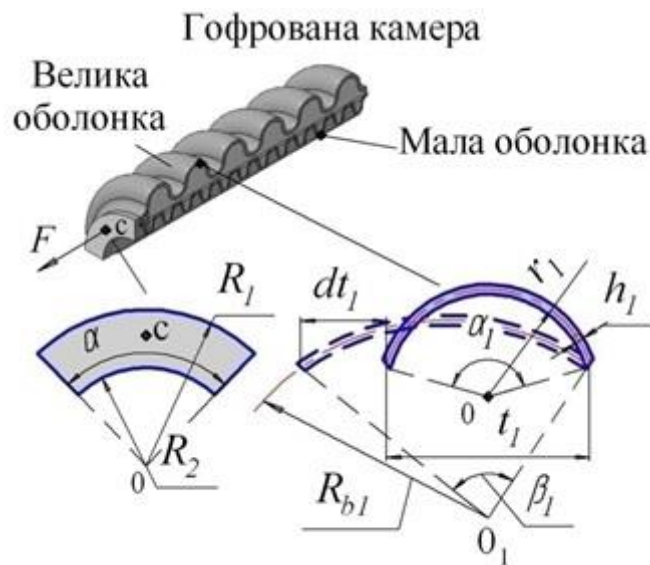


Рис. 2.1. Розрахункова схема гофрованої оболонки

а – схема заглушки; б – схема оболонки

Пневматична гофрована камера перебуває під тиском  $p$  стисненого повітря або рідини. Цей тиск викликає дію сили  $F$ , яку прикладемо в точці «с» – центру маси торцевої заглушки камери.

Згідно розрахункової схеми рис. 2.1. при наявності у камері тиску  $p$  на торець камери буде діяти *рівнодійна сила*  $F$ , прикладена у центрі торця камери:

$$F = \frac{1}{2} p \alpha (R_1^2 - R_2^2),$$

де  $p$  – тиск у камері;  $R_1 = 0,070$  м;  $R_2 = 0,050$  м – відповідно радіуси зовнішньої та внутрішньої оболонок камери;  $\alpha = \pi/2$  – центральний кут сектора оболонок.

Вказана центральна сила розподіляється між верхньою та нижньою гофрованими оболонками на складові  $N1$  і  $N2$ , які розтягують гофри. *Сили*  $N1$  і  $N2$  знаходимо з рівнянь рівноваги, тобто

$$N_1 = \frac{1}{2} p \alpha (OC - R_2)(R_1 + R_2); \quad N_2 = F \frac{R_1 - OC}{R_1 - R_2} = \frac{1}{2} p \alpha (R_1 - OC)(R_1 + R_2)$$

де  $OC = 0,060$  м – відстань від центру ваги оболонок до центру радіусів їх згинання.

*Згинальний момент та поздовжня сила*  $M_p$ ,  $N_p$  залежать від кутів  $\psi = (0 \dots 45)$  град.,  $\varphi = (0 \dots 25)$  град. (див. рис. 2.1,б) деформації пружної оболонки, кутів згинання гофри  $\alpha_1 = (0 \dots 120)$  град.,  $\beta_1 = (0 \dots 200)$  град., що визначають згин педіпулятора, та сили  $N1$  від тиску в гофрованій камері. Поздовжню силу  $N_p$  та згинальний момент  $M_p$  обчислюємо за формулами:

$$\begin{aligned} N_p &= N_1 \cos(\psi - \beta_1 / 2) = N_1 \cos(\beta_1 \varphi / \alpha_1 - \beta_1 / 2); \\ M_p &= N_1 R_{b1} (\cos(\psi - \beta_1 / 2) - \cos(\beta_1 / 2)) = \\ &= N_1 \frac{r_1 \alpha_1}{\beta_1} (\cos(\beta_1 \varphi / \alpha_1 - \beta_1 / 2) - \cos(\beta_1 / 2)). \end{aligned}$$

*Видовження зовнішньої частини гофрованої камери:*

$$\Delta t_1 = \frac{r_1 \alpha_1 p k_1}{E} \left( \frac{1}{J_1} \left( \frac{\alpha_1 r_1}{\beta_1} \right)^2 \left( \frac{1}{2} + \cos^2 \left( \frac{\beta_1}{2} \right) - \frac{3 \sin \beta_1}{2 \beta_1} \right) + \frac{1}{2 h_1 R_1 \alpha} \left( 1 + \frac{\sin \beta_1}{\beta_1} \right) \right),$$

де  $k_1 = \frac{1}{2} \alpha (OC - R_2)(R_1 + R_2)$ ;  $E = (2,6 \dots 4,0) \cdot 10^9$  Па – модуль пружності

(Юнга);  $h_1 = 0,003$  м;  $r_1 = 0,060$  м;  $J_1 = \frac{\alpha R_1 h_1^3}{12}$  – осьовий момент інерції

поперечного перерізу стінки зовнішньої оболонки.

*Видовження внутрішньої частини гофрованої камери:*

$$\Delta t_2 = \frac{r_2 \alpha_2 p k_2}{E} \left( \frac{1}{J_2} \left( \frac{\alpha_2 r_2}{\beta_2} \right)^2 \left( \frac{1}{2} + \cos^2 \left( \frac{\beta_2}{2} \right) - \frac{3 \sin \beta_2}{2 \beta_2} \right) + \frac{1}{2 h_2 R_2 \alpha} \left( 1 + \frac{\sin \beta_2}{\beta_2} \right) \right),$$

де  $k_2 = \frac{1}{2} \alpha (R_1 - OC)(R_1 + R_2)$ ;  $J_2 = \frac{\alpha R_2 h_2^3}{12}$  – осьовий момент інерції поперечного перерізу стінки внутрішньої оболонки.

*Повне видовження камери:*

$$dL_1 = \frac{L}{t_1} \Delta t_1; \quad dL_2 = \frac{L}{t_2} \Delta t_2,$$

де  $L = 0,1$  м – довжина гофрованої камери;  $t_1 = 0,050$  м;  $t_2 = 0,070$  м

Остаточними чинниками автоматизованого керування антропоморфними педіпуляторами мобільного робота є кут вигину  $\varphi$  оболонки гофрованої камери у градусах і середній радіус  $R_{cp}$  кривизни вигнутої гофрованої камери, що являє собою одиничний м'яз педіпулятора мобільного робота:

$$\varphi = \frac{dL_1 - dL_2}{R_1 - R_2} \frac{180}{\pi};$$

$$R_{cp} = \frac{L_1 + L_2 + dL_1 + dL_2}{2\varphi} = \frac{(R_1 - R_2)(L_1 + L_2 + dL_1 + dL_2)}{2(dL_1 - dL_2)}.$$

**Висновки до розділу**

Проглянуто та проаналізовано основні параметри розрахунку антропоморфних педіпуляторів. Серед них:  $p$  – тиск у камері,  $\psi, \varphi$  – кути деформації пружної оболонки,  $\alpha, \beta$  – кути згинання гофри,  $E$  – модуль пружності та вихідні параметри:  $F$  – рівнодійна сила,  $N$  – сила на гофрованій оболонці,  $M_p$  – згинальний момент,  $N_p$  – поздовжня сила,  $\Delta t_1$  – видовження зовнішньої частини камери,  $\Delta t_2$  – видовження внутрішньої камери,  $dL_1$  – повне видовження зовнішньої камери,  $dL_2$  – повне видовження внутрішньої камери,  $\varphi$  – кут вигину оболонки камери,  $R_{cp}$  – середній радіус кривизни.

## РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА АЛГОРИТМІЧНОГО ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

### 3.1. Загальні відомості

Дана програма була розроблена в програмному середовищі Visual Studio при використанні мови програмування C#. При розробці програми використано простори імен так як в мовному середовищі C# класи та структури не існують самі по собі, а об'єднуються в спеціальні контейнери, які й називаються простори імен. Були використані такі простори імен:

- *System.Collections.Generic*. У ньому знаходяться класи та інтерфеси, за допомогою яких можна визначити загальні колекції, які необхідні програмістам для розробки сильно типізованих колекцій, котрі забезпечують ефективність типу та безпеку.
- *System.ComponentModel*. Це простір імен, який має класи, котрі використовуються для створення елементів та компонентів керування в процесі створення та виконання. Він наділений єдиними базовими інтерфейсами та класами, які необхідні для впровадження та перетворення типів, прив'язки до джерельних даних та ліцензованих компонентів.
- *System.Data*. Представляє *ADO.NET* архітектуру для забезпечення доступного класу. В свою чергу архітектура *ADO.NET* дає можливість для розробки компонентів, при цьому ефективно використовуючи дані з декількох джерел даних.
- *System.Text*. Це простір імен, який має класи, які створені для кодування символів *Unicode* та *ASCII*; абстрактні базові класи для перетворення блоків символів в та з байтів блоків; і хелпер клас, який керує та обробляє об'єкти *String*, не розробляючи проміжні екземпляри *String*.
- *System.Threading.Tasks*. Простір імен містить типи, які полегшують написання асинхронного й паралельного коду. Основні типи: *Task*, що

являє собою асинхронну операцію, котру можна очікувати й скасувати, та *Task <TResult>*, що являє собою завдання, яке може повертати значення.

- *System.Windows.Forms*. Простір імен має класи, які необхідні для розробки додатків *Windows*, які дають можливість з високою ефективністю користуватися розширеними можливостями інтерфейсу, які надаються операційною системою *Microsoft Windows*. Цей простір імен являється частиною *Microsoft .NET Framework*.

За допомогою *Windows Forms* можна створювати так звані інтелектуальні клієнти. Інтелектуальний клієнт являє собою програму, яка має повнофункціональний графічний інтерфейс, може перебувати в робочому режимі при наявності та без підтримки Інтернету й надає бнабагато безпечніший доступ до джерел на локальному комп'ютері порівняно з традиційними додатками *Windows*.

У *Windows Forms* форма являє собою візуальну поверхню, на котрій висвічується інформація для користувачів. Зазвичай додаток *Windows Forms* створюється за допомогою розташуванні елементів керування на форму й реалізації коду для того, щоб відповідати на дії користувача, такі як натискання клавіш або клацання миші. Елемент керування являє собою окремий елемент користувальницького інтерфейсу, який необхідний для виведення або введення даних.зглянемо модуль авторизації та реєстрації користувачів.

*Windows Forms* містить великий набір елементів керування, які можна включити в форму: кнопки, текстові поля, перемикачі, списки, веб-сторінки. Якщо певний елемент керування не відповідає потребам користувача, *Windows Forms* надає можливість розробляти власні елементи керування при використанні класу *UserControl*.

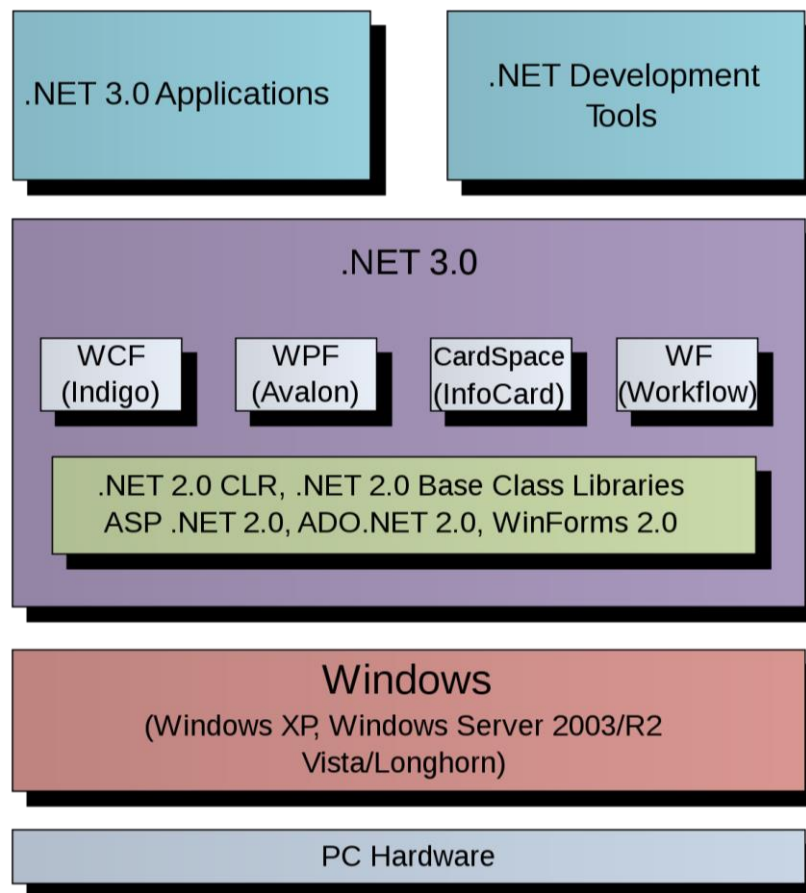


Рисунок 3.1. API, який являється частиною .NET Framework 3.0

На даний момент відсутнє єдине програмне забезпечення для обчислення параметрів антропоморфних педипуляторів. Тому було розроблено програмне забезпечення для людей, які компетентні в галузі розробки антропоморфних роботів, а саме педипуляторів. Цей модуль наділений простотою та чіткістю для того, щоб цим модулем могли також користуватися люди, які некомпетентні в цій галузі. Також користувачі крім обрахунків параметрів можуть спостерігати за графіками, які відображають залежності одних величин від інших, переглядати схеми, формули та алгоритм роботи самої програми. Крім того, користувачі можуть виконувати певні операції над вхідними й вихідними даними[2].

### 3.2. Опис інтерфейсу програми та його складових

Як говорилося вище програмний модуль наділений простотою та чіткістю. Тому загальний інтерфейс програми був розроблений згідно вище наведених умов.

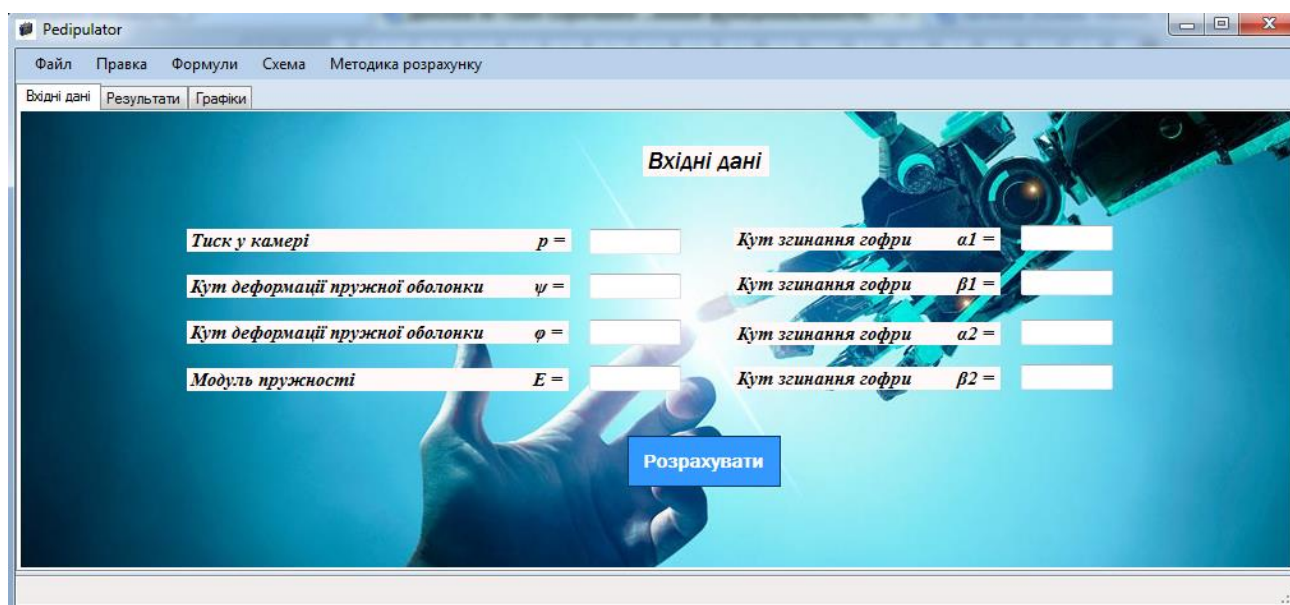


Рисунок 3.2. Загальний інтерфейс програми

Інтерфейс програми складається з трьох вікон: *Вхідні дані*, *Результати* та *Графіки*. У вкладці *Вхідні дані* надається вісім полів для введення користувачем параметрів. Кожне поле виділено білим фоном для того, щоб виділятися серед загального фону програми. Напроти кожного поля з лівої сторони прикріплені назви полів та величини для надання більшої інформативності. При введенні даних користувач може також редагувати дані на випадок неправильного вводу. Після того, як введено всі параметри необхідно активувати кнопку *Розрахувати*, навівши на неї курсор мишки після чого буде здійснено обчислення вихідних параметрів на основі введених даних. Для того, щоб користувач міг відразу обчислювати дані, фон кнопки реалізований під темно синій колір для того, щоб виділятися серед загального фону. Якщо під час ведення допущено помилку, а саме: введення не тих символів чи перебільшено інтервали вводу, відсутність введення то висвітлиться значок, який нагадує вид червоного кола зі знаком оклику всередині.



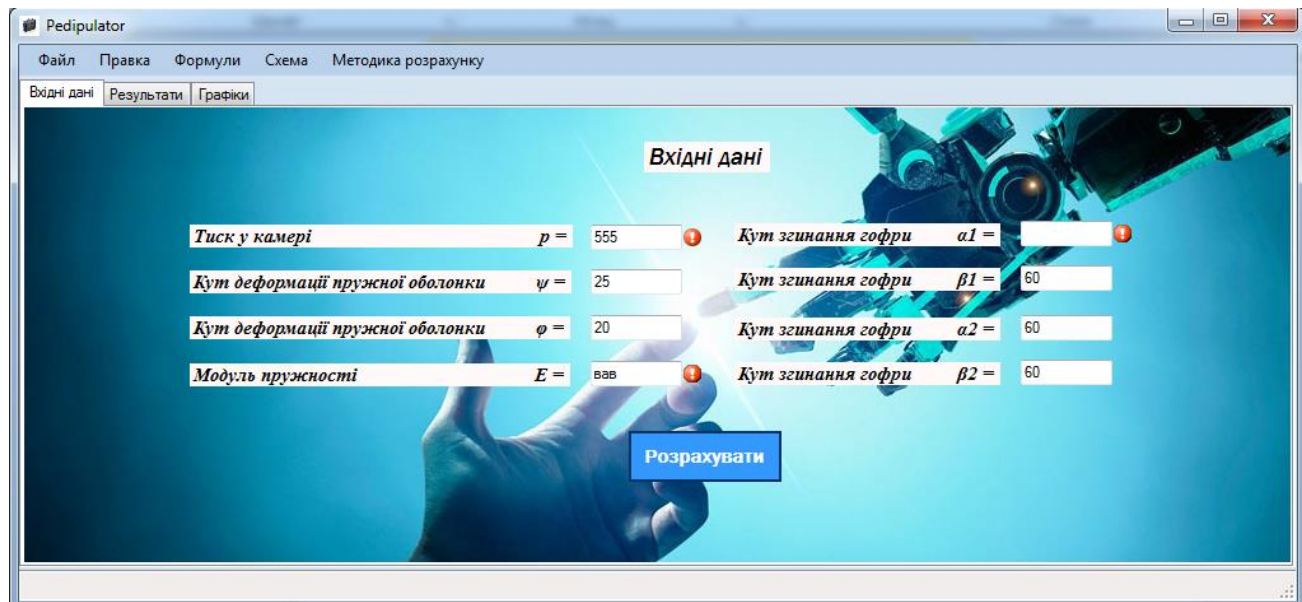


Рисунок 3.3. Помилка при неправильному ввході

Це говорить про те, що даним користувачем допущено одну із трьох вищенаведених помилок. Під час наведення на цей значок будуть висвітлені рекомендації щодо того, як правильно ввести дані. Якщо користувач після цього ввів знову некоректні дані, то цей значок не зникає. Лише після введення правильних даних цей значок зникне. Цей значок реалізований за допомогою класу *ErrorProvider*, що належить простору імен *System.Windows.Forms*.

```
if (!Double.TryParse(textBox1.Text, out number))
{
    errorProvider1.SetError(textBox1, "Неправильний ввід. Необхідно ввести число в межах від 2 до 8.");
    sign+=1;
}
else
{
    errorProvider1.SetError(textBox1, String.Empty);
}
```

Рисунок 3.4. Реалізація класу *ErrorProvider*

Після введення коректних даних будуть здійснюватись обрахунки параметрів, результати яких висвітяться у вікні *Результати*. Тут реалізація та ж сама, як і в попередньому вікні: навпроти кожного поля виведення з лівої сторони знаходяться назва величини і назва поля для того, щоб користувачу легше орієнтуватися.

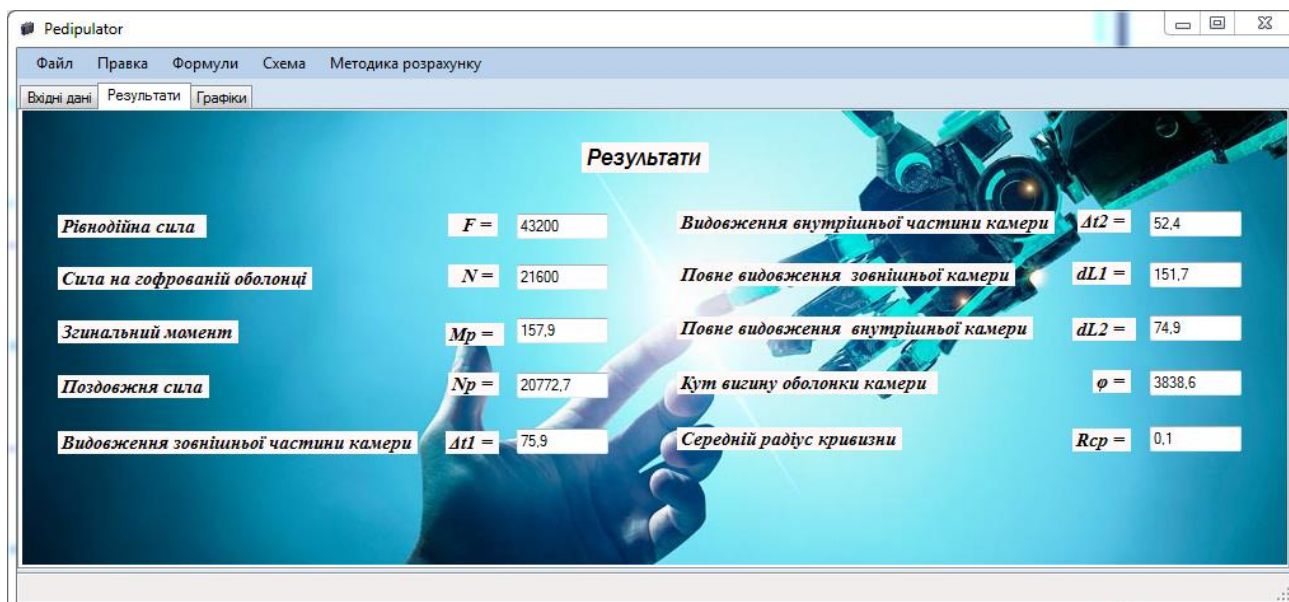


Рисунок 3.5. Вікно вихідних даних

Кожен результат в даній програмі має один знак після коми. Це зроблено для того, щоб зменшити навантаження для користувачів. Для того, щоб програма могла обраховувати параметри, дані повинні бути типу *Double*. Але поля вводу та виводу можуть приймати лише строку. Тому реалізовано перетворення типів даних. Під час вводу програма конвертує дані типу *String* в тип *Double*. Після обчислення для виводу вихідних даних програма знову конвертує дані типу *Double* в тип *String*.

```
a = 10800 * Convert.ToDouble(textBox1.Text);
textBox23.Text = Convert.ToString(Math.Round(a, 1));
```

Рисунок 3.6. Приклад конвертування даних

Після обчислення вхідних даних на основі результатів будуються графіки у вікні *Графіки*. Всього в програмі три графіки. Кожен графік складається з двох вісей: вісь *X* і вісь *Y*. Фон кожного графіка світло білий. Це зроблено для того, щоб графіки могли виділятися серед загального фону.

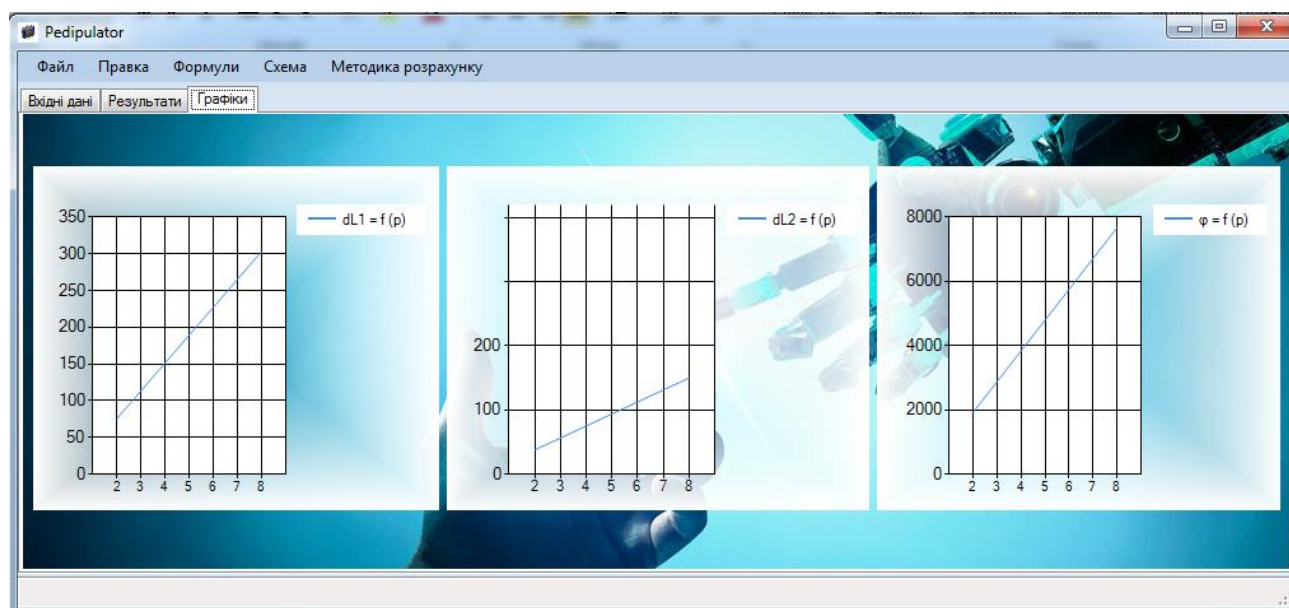


Рисунок 3.7. Графіки

Для створення графіків використаний клас *Chart*. Для того, щоб користувач міг би детальніше розглянути графіки використано масштабування. Для того, щоб реалізувати масштабування, необхідно навести курсором миші на графік та обвести курсором певну ділянку графіка. Після цього з'явиться колесо прокрутки як по осі  $X$  так і по осі  $Y$ . Натиснувши на колесо прокрутки можна переглядати графіки в більшому масштабі.

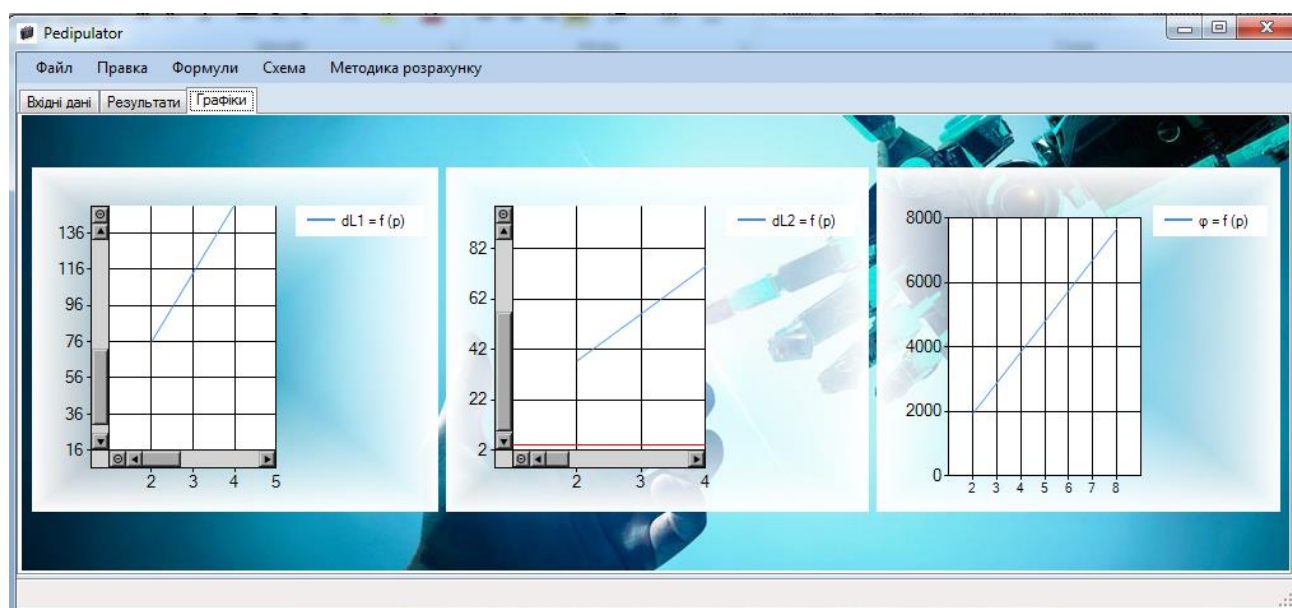


Рисунок 3.8. Масштабування графіків

Також для повернення графіків в привичний вид використано кнопку при натисканні якої можна зменшувати масштаб та повернути графік в попередній вид. Для реалізації масштабування по осі  $X$  та  $Y$  створено функції активації масштабування.

```
chart1.ChartAreas[0].AxisX.ScaleView.Zoom(0, 7);  
chart1.ChartAreas[0].CursorX.IsUserEnabled = true;  
chart1.ChartAreas[0].CursorX.IsUserSelectionEnabled = true;  
chart1.ChartAreas[0].AxisX.ScaleView.Zoomable = true;  
chart1.ChartAreas[0].AxisX.ScrollBar.IsPositionedInside = true;  
  
chart1.ChartAreas[0].AxisY.ScaleView.Zoom(0, 40);  
chart1.ChartAreas[0].CursorY.IsUserEnabled = true;  
chart1.ChartAreas[0].CursorY.IsUserSelectionEnabled = true;  
chart1.ChartAreas[0].AxisY.ScaleView.Zoomable = true;  
chart1.ChartAreas[0].AxisY.ScrollBar.IsPositionedInside = true;
```

Рисунок 3.9. Масштабування по осі  $X$  та  $Y$

Якщо користувач в процесі виконання роботи над програмою буде змінювати вхідні дані, то й вихідні дані й графіки будуть також мінятися. Для цього не потрібно постійно вимикати та включати модуль. Також при обчисленні параметрів програма враховує міжнародну систему одиниць й відповідно до неї здійснює перетворення параметрів. Графіки також підлаштовані під міжнародну систему одиниць, тому розробникам не потрібно буде власноруч здійснювати перетворення вихідних результатів.

Також програма має п'ять вкладок: *Файл*, *Правка*, *Формули*, *Схема*, *Методика розрахунку*. Ці вкладки були розміщені над основними вікнами для того, щоб в процесі обчислення користувач міг виконувати певні дії над даними. Для того, щоб створити дані вкладки використаний клас *MenuStrip*, який унаслідований від класу *ToolStrip*. *MenuStrip* служить як контейнер для певних пунктів меню, які презентовані об'єктом *ToolStripMenuItem*. *ToolStripMenuItem* має текстову замітку в конструкторі, яка буде використана в ролі тексту меню. Кожний об'єкт володіє колекцією *DropDownItems*, яка володіє дочірніми об'єктами *ToolStripMenuItem*. Тому елемент *ToolStripMenuItem* може мати набір інших об'єктів *ToolStripMenuItem*. Отже,

формується ієрархічне меню або структура, яка має вигляд дерева.

*Файл.* Вкладка складається з чотирьох елементів: *Відкрити*, *Створити*, *Зберегти*, *Вихід*. Навпроти кожного елемента з лівої сторони зображені значки. Для того, щоб активувати вкладку, необхідно навести курсор миші та натиснути ліву кнопку миші.

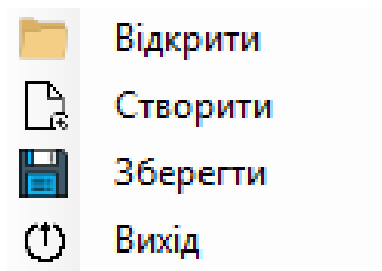


Рисунок 3.10. Вкладка *Файл*

Перший елемент вкладки – це *Відкрити*. За допомогою цього елемента користувач може відкривати файли для автоматичного заповнення вхідних полів, що виконується програмою. По умовчання програма шукає файли з розширенням *.txt*. Але користувач може поміняти це розширення на інше, якщо дані записані на іншому файлі з іншим розширенням.

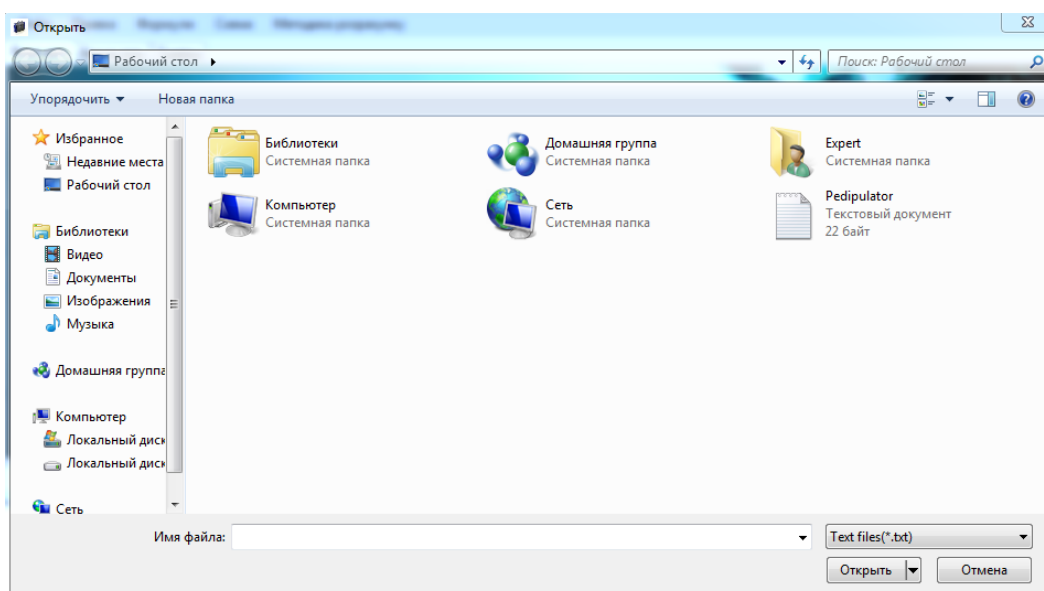


Рисунок 3.11. Елемент *Відкрити*



Для того, щоб активувати елемент *Створити* необхідно буде зберегти файл даних. Після того, як користувач зберіг дані, то при повторній активації елементу вхідні дані будуть стерті і користувач зможе вводити нові дані.

Елемент *Зберегти* служить для зберігання результатів обчислення. Після активації елементу з'явиться вікно, де треба буде вказати шлях, де збережеться файл. По умовчанню результати даних зберігаються в форматі *.txt* . Але користувач може змінити формат файлу і зберегти його в іншому розширенні.

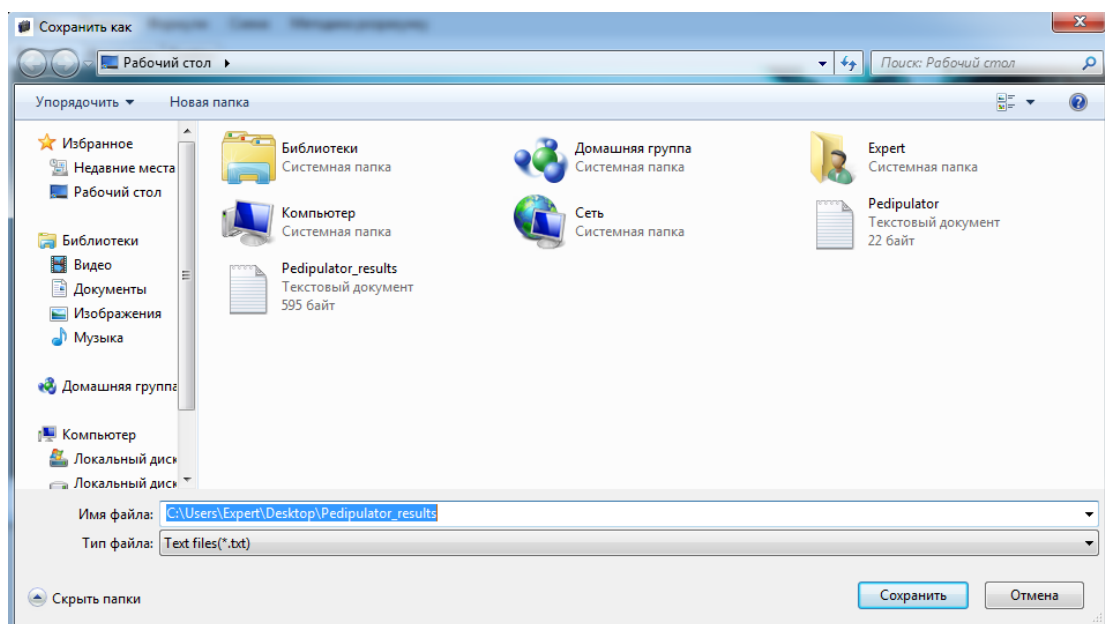


Рисунок 3.12. Елемент *Зберегти*

Після того, як користувач зберіг файл, можна продовжити роботу або вийти з програми.

Для реалізації збереження та відкриття файлу були використані вікна відкриття і збереження файлу, які представляються класами *OpenFileDialog* і *SaveFileDialog*. Вони володіють багатьма схожими властивостями. Для того, щоб активувати діалогове вікно, необхідно використати метод *ShowDialog ()*. Ці класи володіють такими функціями як:

- встановлення розширення файлу;
- задання фільтрів файлу;



- повернення повної назви файлу;
- встановлення каталогу.

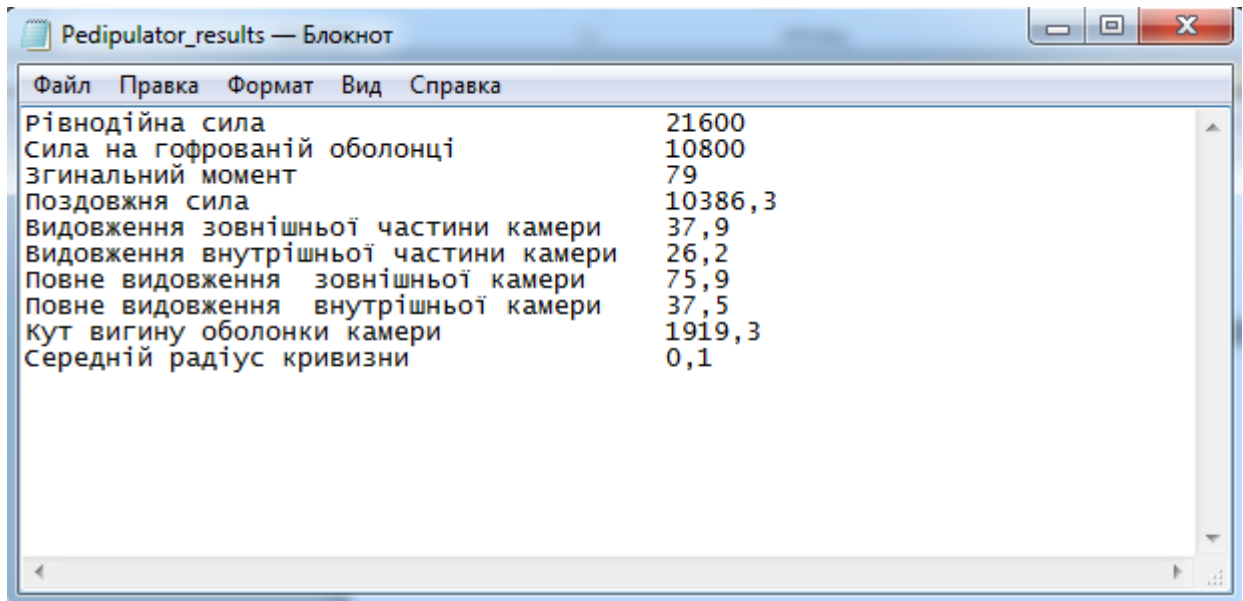


Рисунок 3.13. Збережений файл

Як видно з рисунку навпроти кожного результату з лівої сторони відображається назва параметру. Це необхідно для того, щоб користувач міг ідентифікувати правильно результати.

*Правка.* Вкладка складається з п'яти елементів: *Скопіювати*, *Вставити*, *Виділити*, *Удалити*, *Удалити все*. Навпроти кожного елементу з лівої сторони прикріплений значок для зручної ідентифікації.

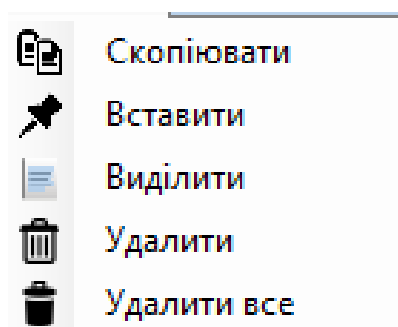


Рисунок 3.14. Вкладка *Правка*

Елемент *Скопіювати* відповідає за копіювання даних. Для того, щоб занести дані в буфер обміну користувачу необхідно виділити певне поле вводу

чи виводу за допомогою кнопки миші або елементом *Виділити*, котрий буде описаний далі. Після виділення поля необхідно курсором миші активізувати цей елемент. Цей елемент реалізований за допомогою рядкового методу *Copy ()*, який застосовується для формування нового екземпляра *String* з однаковим значенням для вказаної *String*. Метод *Copy ()* повертає об'єкт *String*, який являється тим самим, що й вихідний рядок, але являє собою інше посилання на об'єкт.

Елемент *Вставити* відповідає за вставку даних з буфера обміну. Для того, щоб реалізувати цей елемент необхідно попередньо скопіювати дані в буфер обміну. Після цього при наведенні курсором на будь-яке поле необхідно реалізувати цей елемент. І після цього дані з буфера обміну перенесуться у виділене поле.

Елемент *Виділити* відповідає за виділення даних в конкретному полі вводу чи виводу. Для того, щоб виділити дані необхідно навести курсором миші на повне поле і правою кнопкою миші натиснути на поле. Після цього необхідно активувати елемент. І поле буде виділено синім коліром. Також користувач може виділити поле без активації елементу навівши курсор миші на поле і виділивши дані на цьому полі.

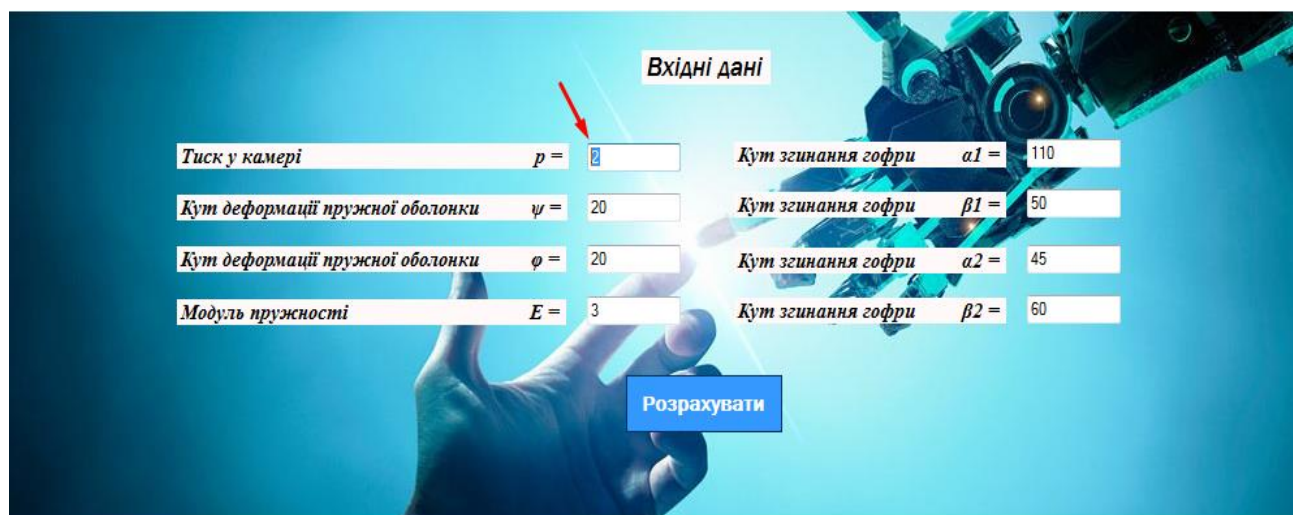


Рисунок 3.15. Виділення даних

На рисунку відображено виділення даних, котре позначено червоною

стрілкою.

Елементи *Удалити* й *Удалити все* відповідають за видалення даних з полів вводу й виводу. Різниця лише в тому, що другий елемент видаляє одночасно всі поля, тоді як перший – лише те поле, яке заздалегідь виділено курсором миші або елементом *Виділити*.

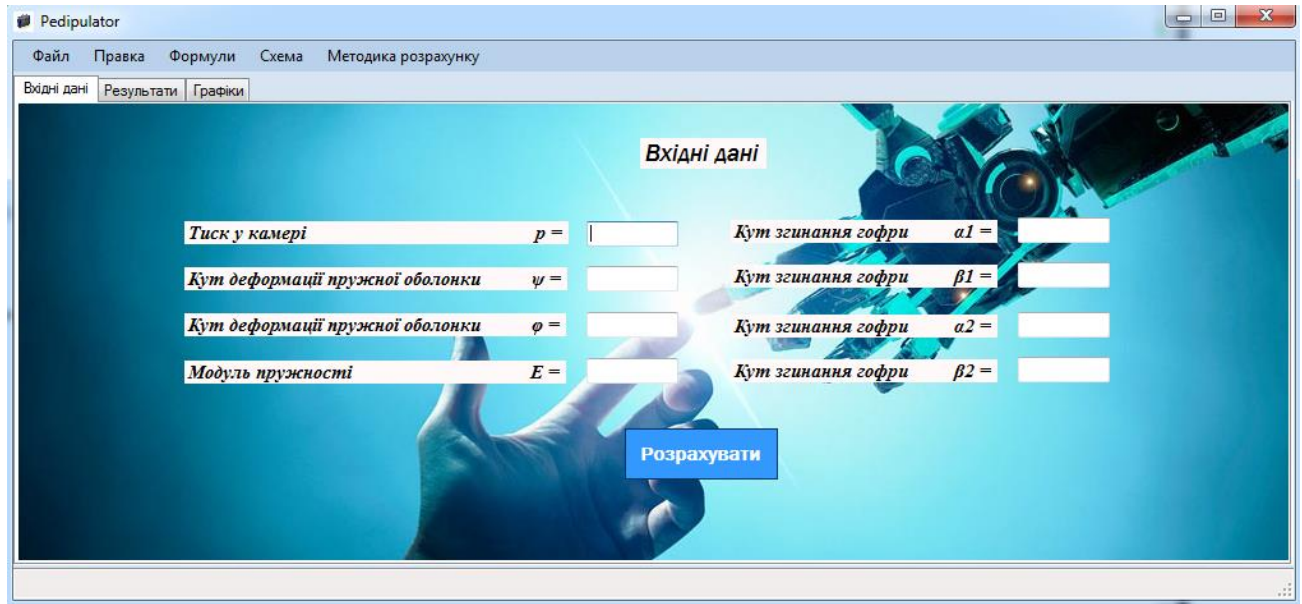


Рисунок 3.16. Видаленні всіх полів вводу

Ці елементи були реалізовані за допомогою методу *Clear*, що належить простіру імен *System.Collections*. Він застосовується для стирання всіх об'єктів зі стека. Цей метод встановлює значення *Count of Stack* до нуля, а також посилання на інші об'єкти з елементів колекції будуть також видалятися. Цей метод є операцією  $O(n)$ , де  $n$  – кількість.

*Формули.* В даній вкладці відображені формули параметрів, котрі розраховує програма. Навпроти кожної формули з лівої сторони знаходиться назва кожної формули для того, щоб користувачу легше орієнтуватись. Текст виділений курсивом для того, щоб надати кращий вид. Для того, щоб активізувати вкладку необхідно навести курсором миші на вкладку та натиснути праву кнопку миші. Після цього відкриється окремо вікно, де знаходяться ці формули.

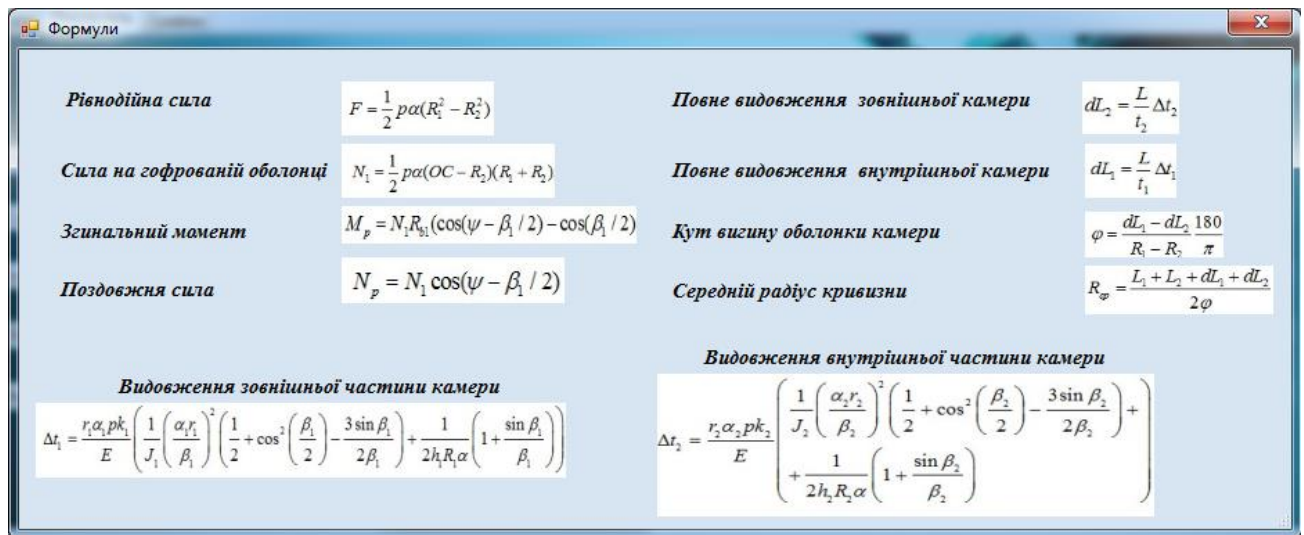


Рисунок 3.17. Вкладка *Формули*

З рисунка видно, що зображено десять формул:

- *рівнодійна сила;*
- *сила на гофрованій оболонці;*
- *згинальний момент;*
- *поздовжня сила;*
- *видовження зовнішньої частини камери;*
- *видовження внутрішньої частини камери;*
- *повне видовження зовнішньої камери;*
- *повне видовження внутрішньої камери;*
- *кут вигину оболонки камери;*
- *середній радіус кривизни.*

**Схема.** На даній вкладці детально зображена гофрована камера. Як видно зі схеми гофрована камера складається з двох частин: велика і мала оболонка. На схемі зображені параметри, які використовуються в програмі для обчислення формул.

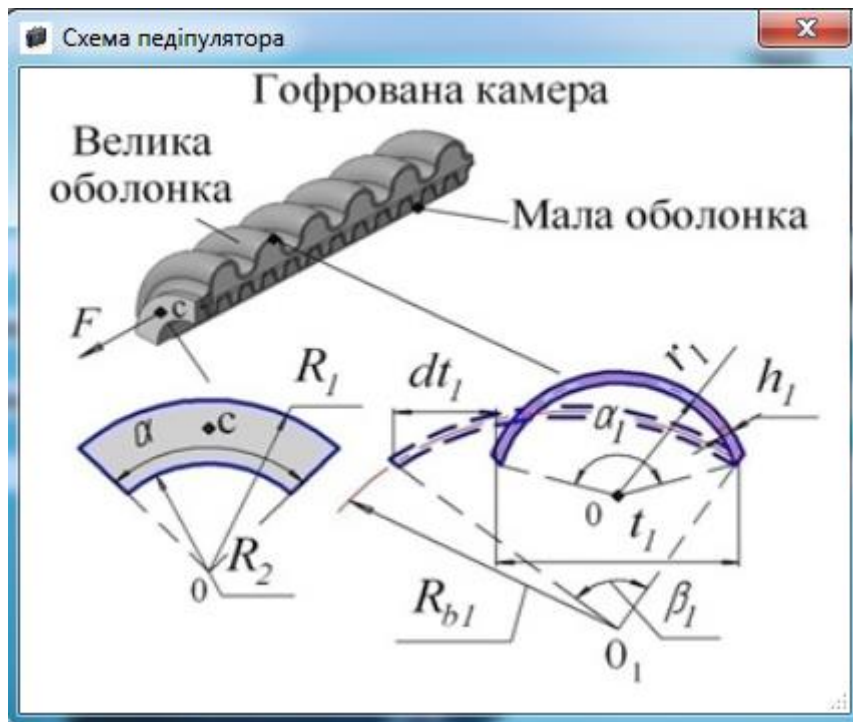


Рисунок 3.18. Вкладка *Схема*

*Методика розрахунку.* На вкладці зображено алгоритм розрахунку параметрів. Під цей алгоритм реалізовувалася програма. Як видно в першому блоці подаються вхідні дані. Потім в наступних блоках відбуваються розрахунки після чого в останньому блоці виводяться результати розрахунків.

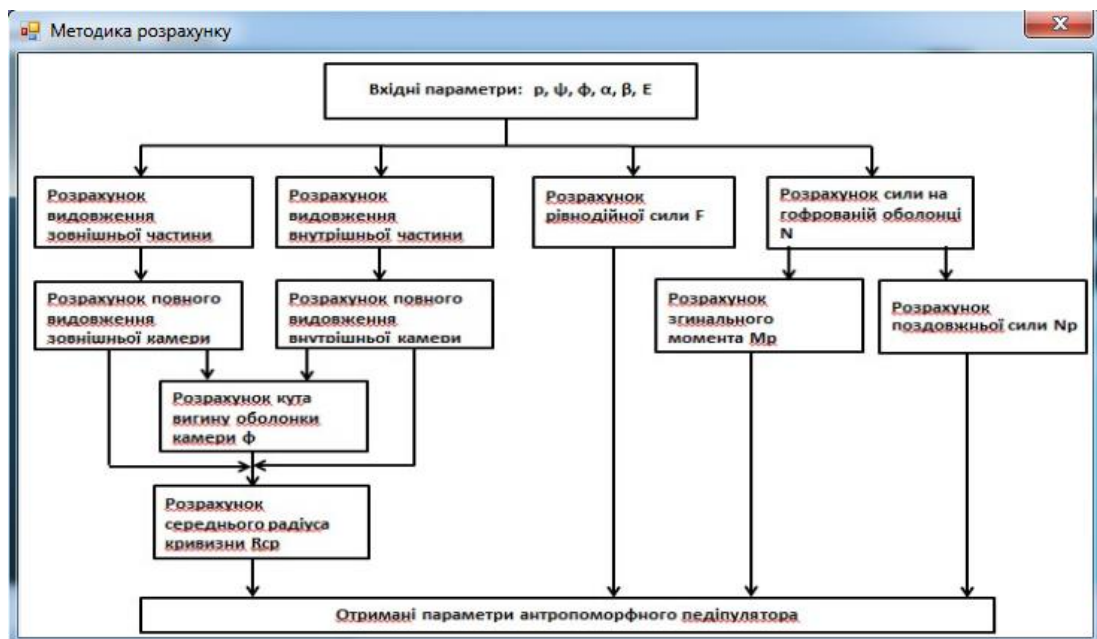


Рисунок 3.19. Вкладка *Методика розрахунку*

## Висновки до розділу

В даному розділі розглянуто основні компоненти модуля. На початку розділу наводилися основні простори імен, за допомогою яких розроблявся даний модуль. Також проаналізований детально основний інструмент *Windows Forms* за допомогою якого можна сконструювати програмне забезпечення. Після цього продемонстрований основний інтерфейс програми, основні вікна програми. Всього в програмі три вікна: *Вхідні дані*, *Результати*, *Графіки*. В програмі крім вікон встроєні основні вкладки. Всього їх п'ять: *Файл*, *Правка*, *Формули*, *Схема*, *Методика розрахунку*. У перших двох вкладках користувач може здійснювати різні операції над вхідними даними й результатами розрахунків. У вкладці *Формули* користувач може детально продивитися кожен формулу. В останніх двох вкладках продемонстровано основну схему гофрованої камери та основний алгоритм програми, на основі якого базується програма.



## РОЗДІЛ 4. МАРКЕТИНГОВИЙ АНАЛІЗ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

Здійснимо маркетинговий аналіз стартап проекту для визначення можливості його ринкового впровадження.

### 4.1. Опис ідеї проекту

Головна ідея даного стартап проекту яляється створення програного модуля для розрахунку параметрів антропоморфних педіпуляторів промислового робота. Найважливішим чинником даної системи являється простота й зручність у використанні та належна її швидкодія. Тому враховуючи ці чинники програмний модуль повинен задовольняти потреби не лише кваліфікаційних інженерів-розробників, а й людей, які на даний момент не являються компетентними в даній сфері, але бажають її освоїти. Таким прикладом можуть бути студенти навчальних вузів.

Розглянемо детальніше зміст ідеї, основні напрямки застосування та вигоди користувачів, які вони можуть отримують(табл. 4.1).

Таблиця 4.1 Опис ідеї стартап проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Розробка програмного модуля для розрахунків параметрів антропоморфних педіпуляторів ПР	Використання кваліфікаційними інженерами для розробки антропоморфних роботів	Кваліфікаційні інженери отримують можливість здійснювати певні технічні розрахунки в автоматичному виді, також зручний інтерфейс
	Використання студентами для набування навичок в конструюванні антропоморфних педіпуляторів	Студенти отримують можливість також автоматично розраховувати параметри й не затрачувати час на складні обрахунки

Визначимо техніко-економічні переваги, якими наділений даний програмний модуль в порівнянні із вже існуючими рішеннями. В якості прямих аналогів до нашого модуля виберемо програмні модулі Robotics та System Dynamics. Визначимо сильні, слабкі та нейтральні характеристики нашого модуля в порівнянні з обраними конкурентами(табл. 4.2).

Таблиця 4.2 Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик  
ідеї проекту

№	Техніко-економічні характеристики ідеї	Продукція конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Robotics	System Dynamics			
1	Сучасний дизайн	+	+	+		+	
2	Зручність у користуванні	+	-	+		+	
3	Швидкодія роботи	+	-	-			Має належну швидкодію роботи.
4	Можливість перегляду графіків	+	-	+		+	+
5	Можливість перегляду схем та методики розрахунку	+	-	+			Надає можливість користувачу продивлятися схему й методику розрахунку
6	Читання вхідних файлів	+	-	-			Можливість загрузати файли з готовими вхідними даними
7	Збереження результатів розрахунків в файлі певного формату	+	-	-			Результати розрахунків можна зберігати в файлах будь якого формату
8	Редагування даних	+	+	+		+	

Визначений перелік слабких, сильних та нейтральних характеристик та властивостей ідеї потенційного товару є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності. Із отриманих результатів можна зробити висновок, що даний стартап проект має переваги порівняно із аналогами.

## 4.2. Технологічний аудит ідеї проекту

Проведемо аудит технологій, за допомогою яких можна реалізувати ідею проекту(табл. 4.3).

Таблиця 4.3 Технології здійснення ідеї проекту

№	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Розробка програмного модуля для розрахунків параметрів антропоморфних педіпуляторів ПР	Використання інструмента Windows Forms	Наявна. Має велику кількість готових програмних інструментів для вирішення різних проблем. Має хорошо розроблені бібліотеки, конструктор.	Вільна
		Використання мови програмування C#	Наявна. Має основні простори імен для модуля	Вільна
		Використання мови програмування Python	Наявна. Має один фреймворк	Вільна
Обрана технологія реалізації проекту: C#.				

Продивившись різні програмні технології, котрі можуть бути застосованими для написання програмного модуля для розрахунків параметрів антропоморфних педіпуляторів промислового робота, робимо такий висновок, що для реалізації задуманої ідеї найкраще підходить мова програмування C# та інструмент Windows Forms, так як мова програмування C# надає велику кількість стандартних рішень для розв'язання певних задач, а саме бібліотеку просторів імен, за допомогою яких можна створювати певні складні математичні розрахунки, здійснювати редагування вхідних даних, завантажувати певні файли та зберігати результати даних. Також крім мови програмування найкраще підходить програмний інструмент Windows Forms, за допомогою якого користувач може створювати програмні вікна, використовувати безліч програмних аксесуарів при розробці програмних вікон.

#### 4.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначимо ринкові можливості, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкові загрози, які можуть перешкодити реалізації проекту.

Таблиця 4.4. Попередня характеристика потенційного ринку стартап проекту

№	Показники стану ринку	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	5
2	Загальний обсяг продаж, грн./ум.од	7000 в рік
3	Динаміка ринку	Зростає
4	Наявність обмежень	Відсутні
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Відсутні
6	Середня норма рентабельності в галузі або по ринку, %	100%

Спираючись на проведені дослідження можна зробити висновок, що ринок є привабливим для входження та реалізації запланованої ідеї.

Визначимо потенційних клієнтів даного стартап проекту(табл. 4.5.)

Таблиця 4.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап проекту

№	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія(цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Наявність програмного модуля для автоматичних розрахунків параметрів антропоморфних педіпуляторів для розробки роботів	Цільовою аудиторією є компетентні люди, а саме інженери-конструктори та студенти, які вивчають робототехніку. Вони також бажають автоматизувати процес та мати результати під рукою.	Інженери-конструктори та студенти в основному однаково зацікавлені у використанні даного модуля, оскільки це дозволяє автоматизувати їх роботу	Головною вимогою є вміння розбиратися в робототехніці, уміти володіти комп'ютером

Провівши аналіз потенційних клієнтів стартап проекту, можна зробити однозначний висновок, що дана систему є особливо привабливою для студентів навчальних закладів та інженерів-конструкторів. Нею можуть також зацікавитися люди, які некомпетентні в цьому, але в такому випадку даний модуль потребує доопрацювань та покращення базового функціоналу.

Здійснимо аналіз ринкового середовища. Спочатку визначимо основні фактори загроз, які можуть вплинути на продажі розробленої системи(табл. 4.6)

Таблиця 4.6 Фактори загроз

№	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Сповільнення роботи модуля через навантаження в розрахунках параметрів	Якщо програмний модуль розрахунків параметрів антропоморфних педіпуляторів не навантажений великими даними, то він працювати стабільно. При навантаженні робота модуля може сповільнитися й видати певні неточності при розрахунках параметрів	Звернення до розробників, які підтримують систему, збільшити потужностей програмних оболонок для розрахунку великих параметрів
2	Можливість виникнення помилок в системі	Система наділена певною зв'язністю між різними компонентами, отже для здійснення певних дій необхідно спочатку розробити певні дані.	Удосконалення документації щодо використання системи та збільшення навичок умінь адміністратора системи

Розглянемо основні фактори можливостей, які можуть очікувати модуль при виході на ринок(табл. 4.7)

Таблиця 4.7 Фактори можливостей

№	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Автоматизація обрахунку параметрів педіпуляторів	При використанні даного модуля скорочується час на необхідні розрахунки параметрів, зростання точності результатів розрахунків. Модуль надає оптимізацію виробничого процесу	Зростання кваліфікації у студентів та інженерів-конструкторів при використанні даного модуля
2	Можливість зчитування файлів з даним	Модуль дозволяє загрузати файли з готовими вхідними даними.	Зменшення часу для розробки педіпуляторів

На наступному кроці виконаємо ступеневий аналіз конкуренції(табл. 4.8)

Таблиця 4.8 Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

№	Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства(можливі дії компанії, щоб бути конкурентноспроможною)
1	Тип конкуренції: олігополія	Існує невелика кількість конкурентів, які пропонують розробку системи даного типу	Реклама, підвищення швидкодії, якості та простоти у використуванні модуля
2	Рівень конкурентної боротьби: національний	Рішення може використовуватися в університетах та компаній в Україні	Покращення функціональних можливостей модуля та його доопрацювання.
3	Галузева ознака: внутрішньогалузевий	Конкуренція в сфері робототехніки	Покращення зручності та чіткості в роботі модуля та його функціональне розширення
4	Конкуренція за видами товарів: товарно-видова	Дана конкуренція - конкуренція між товарами одного виду	Внесення функціональності, якої немає в модулях інших виробників. Спрощення в роботі модуля та надання йому належної якості.
5	Характер конкурентних переваг: цінова	Співвідношення вартості модуля до надійності, якості	Продажа модуля за адекватні кошти та надання необхідної підтримки
6	За інтенсивністю: марочна	Наявність унікального зразка, який відрізняє даний продукт від продуктів-замінників	Внесення власної назви та власного знаку.

Таблиця 4.9 Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товарозамінники
	Robotics, System Dynamics	Інші дистриб'ютори	Відсутні	Студенти та інженери-розробники	Відсутні
Висновки	Необхідно зробити унікальний функціонал, надати необхідну швидкодію та простоту у використуванні модуля	При збільшенні та доопрацюванні функціональності модуля може стати конкурентом.	Відсутні	Кожний користувач має побажання, які необхідно враховувати при створенні модуля	Відсутні

Базуючись на зроблені дослідження, можемо дати висновок, що конкуренція існує, але кожен із даних модулів мають певні мінуси, отже для встановлення системи та збільшенню значних продаж, його необхідно спроектувати так, щоб він міг повністю задовольнити потреби користувачів, був би зручним у використанні та наділений високою швидкістю.

Таблиця 4.10 Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1	Автоматизація обрахунків параметрів	За рахунок автоматизації обрахунків параметрів відбувається зменшення часу необхідного для введення певних параметрів антропоморфного педіпулятора
2	Належна швидкодія модуля	Модуль працює швидше за своїх конкурентів та виконує швидкі обрахунки параметрів антропоморфного педіпулятора
3	Читання вхідних файлів	Модуль може завантажувати вхідні дані з файлів, що забезпечує простоту для користувачів

Таблиця 4.11 Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін системи

№	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з новою системою						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Автоматизація обрахунків параметрів	14			+				
2	Належна швидкодія модуля	12		+					
3	Читання вхідних файлів	15			+				

На основі отриманих даних, сформуємо SWOT – аналіз(матриці аналізу сильних Strength та слабких Weak сторін, загроз Troubles та можливостей Opportunities на основі виділених ринкових загроз та можливостей, а також сильних та слабких сторін). Перелік ринкових загроз та можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та можливості є наслідками впливу факторів.



Таблиця 4.12. SWOT-аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони (S):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• належна швидкодія</li> <li>• простота у використанні</li> <li>• читання вхідних файлів</li> </ul>	<p>Слабкі сторони(W):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• вартість розробки</li> <li>• вартість обслуговування</li> </ul>
<p>Можливості(O):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• збільшення функціоналу</li> <li>• покращення роботи системи</li> </ul>	<p>Загрози(T):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• недостатнє фінансування</li> <li>• поява конкурентів</li> </ul>

На основі SWOT-аналізу розробимо альтернативи ринкової поведінки для забезпечення виведення стартап проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути також виведені на ринок. Визначення альтернатив здійснюється з точки зору строків та ймовірності отримання оптимальних ресурсів

Таблиця 4.13 Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Безкоштовне надання певного функціоналу у користування споживачам на обмежений термін	Головний ресурс – люди, даний ресурс - наявний	2-4 місяці
2	Реклама	Залучення власних коштів для реклами товару	1-2 місяці
3	Написання статей та опис товару на відомих ресурсах	Головний ресурс – час, даний ресурс - наявний	1-2 тижні
4	Презентація товару на конференціях та інших заходах	Ресурс – час та гроші для участі, наявні	2 місяць

В результаті проведено аналізу, можна зробити висновок, що найбільш привабливою альтернативою для ринкового впровадження стартап проекту, є презентація товару на конференціях та інших заходах.

#### 4.4. Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку.

Таблиця 4.14. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Інженери. Вік: від 21 до 58. Місце проживання: не важливо. Сімейний стан: не важливий. Сфера зайнятості та рівень заробітної плати: робототехніка, від 45 тис. грн.	Даний продукт можна використовувати як модуль автоматичного розрахунку параметрів антропоморфних педіпуляторів	1 ліцензія студентів або інженерів	Інтенсивність конкуренції в сегменті висока, так як існує великий попит систем даного типу	Сегмент дозволяє вийти на ринок та показати переваги даного продукту у контексті продуктів-аналогів
2	Студенти. Вік: від 17 до 22. Місце проживання: не важливо. Сімейний стан: не важливий. Сфера зайнятості та рівень заробітної плати: робототехніка, від 10 тис. грн.	Даний продукт можна використовувати як модуль автоматичного розрахунку параметрів антропоморфних педіпуляторів	1 ліцензія для студентів або інженерів	Інтенсивність конкуренції в сегменті висока, так як існує великий попит систем даного типу	Сегмент дозволяє вийти на ринок та показати переваги даного продукту у контексті продуктів-аналогів
Які цільові групи обрано: інженери та студенти, у яких виникає необхідність в автоматичних розрахунках параметрів антропоморфних педіпуляторів промислового робота					

Оскільки цільовою групою виступають студенти та інженери-конструктори оберемо стратегію масового маркетингу.

Таблиця 4.15 Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
Розширення функціональності, якої немає у товарів-замінників	Проведення реклами, освітлення унікальної функціональності через інтернет ресурси та інші канали, контакт напряду з споживачами; формування лояльності і прихильності споживачів	Зниження ступеню замінності товару; Прихильність клієнтів; Відмітні властивості товару; Відмітні характеристики товару;	Стратегія диференціації

Таблиця 4.16 Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

Чи є проект «першопрохідцем» на ринку	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, які?	Стратегія конкурентної поведінки
Ні, так як є товари-замінники, але дані товари замінники не володіють достатнім функціоналом й швидкодією	Так, мета компанії в пошуку нових споживачів та, частково, переманити існуючих у конкурентів для задоволення потреб останніх	Компанія не копіює характеристики товару конкурента, так як компанія розробила продукт з унікальним функціоналом, також додано необхідний арсенал інструментів, які відсутні в конкурентів	Стратегія заняття конкурентної ніші

Таблиця 4.17 Визначення стратегії позиціонування

№	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформулювати комплексну позицію власного проекту
1	Чіткість й простота	Стратегія диференціації	Унікальність функціоналу;	Надійність Актуальність
2	Розширений функціонал	Стратегія диференціації	Підтримка клієнту; Ліцензії.	Клієнтоорієнтованість
3	Відповідність загальнозжитим інтерфейсам	Стратегія диференціації	Підтримка та вдосконалення сучасних всім знайомих методів	Стабільність Зручність

Отже, в якості базової стратегії розвитку вибрано стратегію диференціації та стратегію заняття конкурентної ніші, яка має базову стратегію конкурентної поведінки.

#### 4.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Таблиця 4.18 Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Автоматичні розрахунки параметрів педіпуляторів	Підвищення точності й зменшення часу на розрахунки параметрів	Існуючі конкуренти мають набагато меншу точність й обрахунки параметрів займає великий час
2	Можливість загрузати файли з вхідними даними	Студенти, інженери можуть зразу без попереднього заповнення заповнити поля за допомогою файлів з даними	Існуючі конкуренти не надають можливості загрузати файли з вхідними даними

Здійснимо опис рівнів моделі товару

Таблиця 4.19 Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
1. Товар за задумом	Автоматизація розрахунків параметрів антропоморфних педіпуляторів ПР		
2. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх/Тл/Е/Ор
	Зручність та простота	-	Висока
	Забезпечення швидкодії та точності	Час розрахунків й точність	Висока
	Вартість	Грн.	0
	Якість: відповідність загальноновживаним нормам		
	Пакування: ліцензія на використання системи		
	Марка: Pedipulator		
3. Товар із підкріпленням	До продажу: наявна повна документація, акції на придбання декількох ліцензій		
	Після продажу: підтримка та доопрацювання продукту в разі необхідності та бажання замовника		
Проект буде захищено від копіювання за рахунок реєстрації назви програми, отримання патенту на програмний код даного продукту та окремих алгоритмів обробки даних			

Таблиця 4.20 Визначення меж встановлення ціни

Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
інформація відсутня	приблизно 45 тис. грн..	від 40 тис. грн.	20-47 тис. грн

Таблиця 4.21 Формування системи збуту

Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
Отримання продукту	Ліцензії	Нульовий та/або однорівневий	Традиційна

Таблиця 4.22 Концепція маркетингових комунікацій

№	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Одержання продукту / функціонально	Електронна пошта, телефон, факс, вебсайт	Унікальність, простота товару	Звернути уваги клієнтів, освітлення унікальності функціональності	Творча та класична
2	Одержання підтримки від компанії		Чітка підтримка	Дати зрозуміти що клієнт може розраховувати на підтримку зі сторони розробника	

В результаті створено ринкову програму, що включає в себе визначення ключових переваг концепції потенційного товару, опис моделі товару, визначення меж встановлення ціни, формування системи збуту та концепцію маркетингових комунікацій.

## Висновки до розділу

В даному розділі надано опис ідеї продукту, виконано дослідження потенційних техніко-економічних переваг ідеї, таких як нейтральні, слабкі й сильні сторони цієї ідеї. Виконано аудит даної ідеї та здійснено її технологічні здійсненності. На базі одержаний результатів можна зробити висновок, що ця ідея є реалізованою. Здійснено попередню оцінку потенційного ринку стартап проекту, сформовані потенційні клієнти даного товару, проаналізовано найголовніші джерела небезпек й можливостей. Здійснено ступеневий аналіз конкуренції на ринку, розглянуті фактори конкурентоспроможності й сформовано порівняльний аналіз слабких та сильних сторін товару й конкурентів. Здійснено SWOT-аналіз й альтернативні шляхи встановлення даного товару. На базі одержаних результатів робиться висновок, що даний продукт може бути впроваджений та займати своє місце.

## ВИСНОВКИ

На першому етапі розглянуто еволюцію розвитку антропоморфних роботів. Досліджувалися основні етапи становлення роботів. Також окрім прогресу спостерігались певні перешкоди на шляху створення роботів. Особливо це було описано японським розробником Масахиро Морі за допомогою графіка, де чітко продемонстровано симпатію людини до рукотворних об'єктів в залежності від їх схожості на людей. Після цього проакцентовано увагу на використання антропоморфних роботів в різних сферах діяльності.

На другому етапі вибрано методику розрахунку антропоморфних педіпуляторів, яка являється унікальною й була розроблена професіональними інженерами-конструкторами. Проаналізовано основні параметри педіпуляторів, які використовуються програмою для подальших розрахунків. Також розглядалися формули, на основі яких і будуть обчислюватися вхідні дані.

На третьому етапі розроблено програмне забезпечення на основі даної методики розрахунку. Для розробки програмного забезпечення використана мова програмування C#, яка користується популярністю серед інженерів-конструкторів робототехніки. Даний модуль дозволяє швидко та надійно виконувати необхідні точні обрахунки, здійснювати редагування даних, досліджувати графіки залежностей одних одиниць від інших. Також здійснено тестування даного модуля на основі вводу даних користувачем й загрузки файлів з готовими вхідними даними. В обох випадках отримані точні результати, які не відрізнялися від тих, які були розраховані вручну. Отже точність одержаних вихідних даних й швидкодія програмного забезпечення говорить про те, що мету даного дипломного проекту було досягнуто.



## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ковальчук А.К., Кулаков Д.Б., Семенов С.У. Гидросистема с программным управлением для роботизированного манекена. *Вопросы оборонной техники*, 1997, № 1, сер. 9, вып. 2(219) — 3(220), с. 64 — 66. Котеров Д.В. РНР7/ Д.В. Котеров, И.В. Симдянов. — СПб.: БХВ- Петербург, 2016. — 1088с
2. Hirose M., Ogawa K. Honda Humanoid Robots Development. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 2007, no 365, pp. 11—19.
3. Первый арабский – говорящий робот [ Электронный ресурс ]:\_ <https://robroy.ru/pervyj-arabskij-govoryashhij-robot.html>
4. Что такое антропоморфный робот и почему их популярность растет ? [ Электронный ресурс]: <https://hi-news.ru/robots/chto-takoe antropomorfnyj-robot-i-pochemu-ix-populyarnost-rastet.html>
5. Гуманоидные роботы [Электронный ресурс]:\_ <http://robotrends.ru/robopedia/antropomorfnye-roboty>
6. Человекоподобные роботы: польза и проблемы [ Электронный ресурс]: <https://habr.com/ru/company/toshibarus/blog/435536/>
7. Антропоморфные роботы [ Электронный ресурс ] : <https://postnauka.ru/video/45294>
8. 10 роботов-гуманоидов, созданных по подобию человеческих способностей и эмоций [ Электронный ресурс ]: <https://robhunter.com/news/10-robotov-gumanoidov-razrabotannih-po-podobiychelovecheskih-sposobnostei-i-emocii>
9. Педипулятор [ Электронный ресурс ] : <https://www.kommersant.ru/doc/2072296>
10. Гуманоидный робот Atlas научился бегать [ Электронный ресурс ] : <https://nplus1.ru/news/2018/05/11/run>

## ДОДАТКИ

## ДОДАТОК А

### Антропоморфний педіпулятор крокуючого робота

## ДОДАТОК Б

### Антропоморфна ланка педіпулятора робота

## ДОДАТОК В

Гідравлічна схема керування антропоморфною ланкою  
промислового робота

## ДОДАТОК Г

### Схема гофрованої камери

ДОДАТОК Г

Інтерфейс додатку



## ДОДАТОК Д

### Кінематична схема нижніх кінцівок

ДОДАТОК Е

Перевірка на співпадіння